

**EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE CONFORT TÉRMICO QUE TIENEN LOS
ESTUDIANTES EN EL BLOQUE 10 DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

ANGELA ESTHER NOYA ZAMBRANO



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2019

**EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE CONFORT TÉRMICO QUE TIENEN LOS
ESTUDIANTES EN EL BLOQUE 10 DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

Autores

ANGELA ESTHER NOYA ZAMBRANO

Trabajo presentado para cumplir requisito al título

Ingeniero Industrial

Tutor:

M.Sc. MILEN BALBIS MOREJON

Co-tutor:

LUZ ADRIANA BORRERO LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2019

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por darme el entendimiento, la capacidad y las fuerzas para poder culminar mi trabajo y siempre iluminarme en este proceso con su guía.

De igual manera a mis padres, mi novio y mis seres queridos que siempre fueron un gran apoyo y confiaron en mi durante este camino muy importante.

A mi tutora MSc. Milen Balbis Morejón por guiarme en este proceso impulsándome con su acompañamiento a perseverar.

A los ingenieros Jaime Arévalo y Dora Rosales por sus contribuciones y aportes durante la investigación.

Finalmente expreso mi gratitud a la Universidad de la Costa por brindarme todos los recursos necesarios para lograr los objetivos esperados y con docentes que participaron en mi formación profesional.

Resumen

Actualmente se ha hecho necesario propiciar ambientes que brinden calidad, que sean saludables y que permitan el desarrollo pleno de las actividades, especialmente en el sector educativo como son las instituciones de formación académica. En la búsqueda por alcanzar condiciones térmicas confortables, numerosos estudios han se han dedicado a la evaluación del confort térmico en instituciones y lugares en todo el mundo, implementando distintas técnicas y metodologías de evaluación del confort que han llevado a aportes significativos. Este trabajo de investigación hace una revisión de las evaluaciones del confort térmico, basándose en el método adaptativo de Fanger y en los estándares de la norma ASHRAE 55:2013. Lo cual fue soporte para la evaluación de la percepción del confort térmico en el bloque 10 de la Universidad de la Costa. Para el proceso de evaluación, se realizaron encuestas en todos los salones del bloque y se hicieron mediciones en tiempo real; las encuestas tuvieron en cuenta factores personales y externos. Como resultado se obtuvo que el 72% de los estudiantes del bloque 10 sintieron una sensación térmica clasificada como confort según la norma ASHRAE 55:2013 y 28% disconfort. En la aceptabilidad térmica el 87% estuvo satisfecho con el clima interior en las aulas de clases.

La temperatura interior de 23,6°C presento el mayor porcentaje confort térmico con un 84%. Se pudo observar en base a los resultados de las encuestas que los estudiantes en su mayoría prefieren una sensación térmica clasificada como fresco.

Palabras clave: Confort térmico, Fanger, ASHRAE 55, sensación térmica, percepción térmica

Abstract

At present, it has become necessary to promote environments that provide quality, that are maintained and that the full development of activities is developed, especially in the educational sector, such as academic training institutions. In the search to reach comfortable thermal conditions, numerous studies have been dedicated to the evaluation of thermal comfort in institutions and places around the world, implementing different comfort assessment techniques and methodologies that have led to significant contributions. This research work carries out a review of the thermal comfort assessments, the adaptive method of Fanger and the standards of the ASHRAE 55: 2013 standard. What was the support for the evaluation of the thermal comfort perception in block 10 of the University of the Coast. For the evaluation process, the surveys are shown in all the rooms of the block and measurements are made in real time; The surveys took into account personal and external factors. ASHRAE 55: 2013 and 28% discomfort. As a result, it was found that 72% of students in block 10 felt a thermal sensation classified as comfort according to the norm. In the thermal acceptability 87% were satisfied with the indoor climate in the classes of classes.

The internal temperature of 23.6 ° C represents a higher percentage of temperature with 84%. It can be observed in the base of the results of the races that the students mostly for a thermal sensation classified as fresh.

Keywords: Thermal comfort, Fanger, ASHRAE 55, thermal sensation, thermal perception

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	6
Introducción.....	11
Capítulo 1: Antecedentes y estado actual del confort térmico.....	16
1.1. Antecedentes y estado actual de la investigación a nivel nacional e internacional.....	17
1.2. Definición del confort térmico y la importancia de evaluarlo.....	30
1.2.1 Aspectos que influyen en el comportamiento en las condiciones de confort térmico.....	33
1.3. Efectos fisiológicos del frío.....	41
1.4. Marco legal y regulatorio en Colombia que dictan lineamientos relacionados con el confort térmico desde el área energética y de la salud.....	44
Capítulo 2: Metodologías de evaluación del confort térmico.....	51
2.1. Modelo Estándar.....	51
2.2. Modelo Adaptativo.....	53
2.3. Modelo Adaptativo-variable.....	54
2.4. Análisis comparativo entre las metodologías del confort térmico.....	55
2.5. Medición del confort térmico aplicando las encuestas de Fanger.....	64
Temperatura exterior.....	65
Sensación térmica.....	65
Área de ubicación de la persona.....	67
Estimación de la ropa e influencia del vestido.....	69

Actividad de la persona.....	70
2.6. Consideraciones generales de la norma ASHRAE 55:2013.....	72
2.7. Encuesta de percepción térmica de la norma ASHRAE 55:2013.....	78
Capítulo 3: Evaluación de la sensación térmica que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	80
3.1. Características generales del bloque 10.....	80
3.2. Aplicación de la encuesta de medición de la percepción térmica.....	82
3.3. Resultados obtenidos de las encuestas.....	84
3.4. Relación entre la ubicación de los estudiantes en clases y su percepción térmica.....	87
3.5. Estatura promedio de los encuestados.....	90
3.6. Características de la vestimenta y su influencia en el confort térmico.....	90
3.7. Estimación de la tasa metabólica.....	92
3.8. Determinación del índice de aceptabilidad térmica.....	93
3.9. Confort térmico y percepción en los estudiantes del bloque 10.....	93
3.10. Sensación y aceptabilidad térmica en las aulas de clases del bloque 10.....	102
3.11. Determinación del rango de temperatura.....	112
Conclusiones.....	116
Referencias.....	119
Anexos.....	130
Material Acompañante del trabajo.....	135

Lista de tablas y figuras**Tablas**

Tabla 1. Efectos sufridos por el organismo cuando desciende su temperatura interna.....	41
Tabla 2. Riesgos causados por bajas temperaturas.....	43
Tabla 3. Disposiciones mínimas sobre bienestar térmico.....	45
Tabla 4. Requerimiento mínimo de porcentajes de ahorro de energía para edificios del sector educativo.....	47
Tabla 5. Pisos térmicos, temperatura promedio y humedad relativa de las principales ciudades de Colombia.....	49
Tabla 6. Escala de sensación térmica, implementada en la norma ASHRAE 55.....	53
Tabla 7. Modelo adaptativo.....	56
Tabla 8. Ventajas y Desventajas del modelo adaptativo.....	58
Tabla 9. Método Adaptativo-variable.....	59
Tabla 10. Ventajas y desventajas del modelo adaptativo-variable.....	60
Tabla 11. Modelo Estándar de Fanger.....	61
Tabla 12. Ventajas y desventajas del método estándar de Fanger.....	63
Tabla 13. Temperatura operativa establecida según estación climática, tipo de espacio y actividad.....	65
Tabla 14. Índice de la valoración del aislamiento de la vestimenta.....	69
Tabla 15. Aislamiento de prendas y temperatura operativa.....	70
Tabla 16. Actividad de trabajo.....	71
Tabla 17. Distribución del bloque 10 por piso.....	81

Tabla 18. Cantidad de estudiantes encuestados por piso.....	86
Tabla 19. Tabla metabólica según actividad realizada.....	92
Tabla 20. Sensación térmica de los estudiantes encuestados en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	94
Tabla 21. Sensación térmica de los estudiantes por cada piso en el bloque 10.....	95
Tabla 22. Aceptabilidad térmica de los estudiantes encuestados en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	98
Tabla 23. Aceptabilidad térmica de los estudiantes por piso en el bloque 10.....	99
Tabla 24.....	102
Tabla 25.....	108
Tabla 26.....	113

Figuras

Figura 1. Metodología utilizada para el desarrollo de la investigación.....	14
Figura 2. Niveles de percepción de clima establecidos por Fanger.....	61
Figura 3. Esquema del proceso de sensación y percepción térmica.....	67
Figura 4. Ubicación del ocupante en el salón de clases.....	68
Figura 5. Escala de satisfacción térmica utilizada en la encuesta.....	75
Figura 6. Escala de medición de sensibilidad térmica.....	77
Figura 7. Encuesta usada para la evaluación de percepción térmica.....	79
Figura 8. Fachada del Bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	81
Figura 9. Plano piso 1 del bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	82
Figura 10. Plano del piso 2,3 y 4 del bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	82

Figura 11. Cantidad de estudiantes que fueron encuestados en cada piso del bloque 10 de la Universidad de la Costa.....	87
Figura 12. Distribución interna de las aulas de clase en el bloque 10.....	88
Figura 13. Ubicación de estudiantes según distribución interna dentro de las aulas de clases.....	90
Figura 14. Gráfica de la sensación térmica general del bloque 10.....	94
Figura 15. Sensación térmica en el piso 1 del bloque 10.....	95
Figura 16. Sensación térmica en el piso 2 del bloque 10.....	96
Figura 17. Sensación térmica en el piso 3 del bloque 10.....	96
Figura 18. Sensación térmica en el piso 4 del bloque 10.....	97
Figura 19. Aceptabilidad térmica general del bloque 10.....	98
Figura 20. Aceptabilidad térmica en el piso 1 del bloque 10.....	99
Figura 21. Aceptabilidad térmica en el piso 2 del bloque 10.....	100
Figura 22. Aceptabilidad térmica en el piso 3 del bloque 10.....	101
Figura 23. Aceptabilidad térmica en el piso 4 del bloque 10.....	101
Figura 24. Porcentaje de estudiantes que sintieron confort térmico en cada aula de clase del bloque 10.....	103
Figura 25. Porcentaje de estudiantes que sintieron confort térmico en cada aula de clase del bloque 10.....	109
Figura 26. Porcentaje de estudiantes que sienten confort térmico según el rango de temperatura medido al momento de realizar la encuesta.....	114

Introducción

El ser humano necesita mantener su temperatura interior, esto es clave para su bienestar, lo que hace que posea un sistema regulador de temperatura en su organismo que asegura que la temperatura del centro del cuerpo se mantenga aproximadamente en 37°C. Cuando esta temperatura desciende más de la temperatura permitida por el cuerpo, empiezan a surgir inconformidades y riesgos de salud irreversibles (Godoy, 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el confort térmico es muy importante en las personas porque brinda salud, bienestar y comodidad, permitiendo que se sientan en las condiciones ideales dentro de los espacios donde estén ubicadas, con una satisfacción mental del medio ambiente. La falta de confort térmico además, ocasiona en algunos casos, complicaciones en la salud tales como estrés térmico, pérdida de destreza, disminución de sensibilidad en la piel, mayor esfuerzo muscular, riesgos de lesiones musculares, congelación, efectos en el aparato respiratorio, enfermedades cardiovasculares, entre otros efectos negativos para la salud (Parra, 2003). Cuando se exceden los límites de temperatura, el estado general de ánimo en la persona se ve afectado; y en los lugares de trabajo, la incomodidad térmica hace que el nivel de productividad disminuya, hasta el punto de rechazar algunas actividades, teniendo como consecuencia baja eficiencia (Meléndres, Ricaurte y Arboleda, 2017).

En el caso de las Universidades es importante mantener condiciones de confort térmico adecuadas para la actividad que realizan los estudiantes en sus horarios de clase, ya que estos se sentirán más cómodos en los ambientes de trabajo. Cuando las actividades no se desarrollan en las condiciones óptimas, no se logra cumplir con los objetivos del proceso de enseñanza y además existe mayor posibilidad de afectar la salud y el estado de ánimo de los estudiantes. Por esto, es

importante mantener en las aulas de clase de la Universidad de la Costa, las condiciones adecuadas para que la sensación de confort térmico de los estudiantes les permita desarrollar sus actividades y su salud no se vea afectada por las variaciones de humedad y temperaturas que dependen principalmente del estado y administración de los sistemas de aire acondicionados.

Según Ramírez (2002), “los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales según su entorno, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como la madera, determinados minerales, el agua y la energía” (p.4). Existe relación entre el consumo de energía y las condiciones en las que se puede ofrecer confort térmico. Esto ocurre porque el servicio energético corresponde principalmente a condiciones térmicas y lumínicas de instalaciones de acondicionamiento artificial (Evans y Schiller, 2007). Por ejemplo, entre mayor sea el consumo de energía de equipos de ventilación como aires acondicionados, mayor serán los gastos energéticos de la edificación en general. Se evidencian ambientes más fríos, cuando hay mayor tiempo de utilización de aires acondicionados en los espacios, impulsando aire muy frío y por tanto, los valores de temperaturas serán más bajas en el lugar, esto trae como consecuencia negativa un mayor disconfort térmico e incremento de costos por sistemas de ventilación del edificio. De acuerdo al Periódico *Economía ABC*, se estima que cada un grado que desciende la temperatura, el aire acondicionado estará consumiendo cerca de un 8% adicional de energía. Esto significa, que aumentar un grado en la temperatura del aire acondicionado durante el consumo de energía de ocho horas al día, se podría ahorrar un 64% de los costos energéticos.

La variabilidad de la temperatura en las aulas de clase, se atribuye a las condiciones climáticas, la cantidad de personas, la programación que se haga de la temperatura de los sistemas de aire acondicionado por parte de los administradores, etc. Sin embargo, se ha identificado que la causa que más incide en el disconfort está dado por las temperaturas internas muy bajas del aire

dentro de las aulas de clase, que impulsan los aires acondicionados y se encuentran con temperaturas mal programadas (Avelar, Castañeda y Martínez López, 2015).

Según el trabajo de (Jiang, Wang, Liu, Y., Xu & Liu, J., 2018) la incomodidad relacionada con el frío o el calor tiene un efecto negativo en el bienestar de los participantes; sin embargo, el bienestar disminuye en mayor medida cuando los ambientes están más fríos.

Se han evidenciado variaciones de temperaturas en los edificios de la Universidad de la Costa y en el bloque 10 por poseer características particulares, con el 100% del área ocupada son aulas para clases y con equipos de aire acondicionados de las mismas marcas y características técnicas, pero se ha notado que presentan regulaciones de temperaturas diferentes, y están en funcionamiento horarios que no corresponden al planeado por la institución para la ocupación de las aulas de clase. Por tanto, la pregunta problema para esta investigación es: ¿Cuál es la percepción térmica de las personas que utilizan las aulas de clase del bloque 10, de la Universidad de la Costa?

Para dar respuesta a la pregunta anterior, en la investigación se plantea como objetivo general “Evaluar la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa, durante el año 2018”. Y los objetivos específicos estarán orientados a:

Revisar las metodologías de evaluación del confort térmico, especificando la metodología de Fanger a implementar.

Evaluar el confort térmico de los estudiantes a través de la encuesta de percepción térmica establecida por Fanger.

Establecer el estado de percepción térmica de los estudiantes a partir de los datos obtenidos.

Proponer medidas basadas en los resultados de las encuestas, que sirvan como insumo para el análisis de las condiciones de seguridad y salud térmica de los estudiantes.

La metodología a desarrollar en este trabajo, ver figura 1, es por medio de una investigación explorativa, porque se quiere conocer sobre el tema, desarrollando una exploración sobre los diferentes métodos de evaluación de la percepción térmica más aplicadas a nivel internacional y justificar la aplicación del método de Fanger. El enfoque que se dará a la investigación es cualitativo, a que estará basada en los resultados que se obtengan de la aplicación y análisis de encuestas que permitirán evaluar la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes que ocupan el bloque 10 en el año 2018. Este enfoque cualitativo, resulta de considerar que depende del estado mental de los encuestados, ya que estarán valorando variables subjetivas que hacen reaccionar a las personas ante el ambiente y su sensación de estrés térmico (Solís, 2017).



Figura 1. Metodología utilizada para el desarrollo de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Con la realización de este proyecto se pudo establecer los rangos de temperatura a los cuales los estudiantes del bloque 10, sintieron una percepción térmica que cumpliera con las condiciones de confort térmico, con la evaluación realizada a una muestra de la población que ocupaba las aulas

de clase en el año 2018. Se pudo identificar que a 23-24 °C es la temperatura operativa adecuada. Estos resultados pueden servir de base para implementar medidas tanto en la planeación y cantidad de estudiantes dentro de las aulas de clase, como en el manejo de los sistemas de aire acondicionados instalados en las aulas de clase. Esto permitirá mejorar el servicio brindado de la universidad a sus estudiantes y que sea un insumo para el análisis de las condiciones de seguridad y salud en el edificio.

Capítulo 1. Estudio sobre confort térmico. Antecedentes y Estado actual de la Investigación

El interés por la valoración del nivel de confort térmico nació como una consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era justamente lograr que las personas se sintieran confortables y precisaban por tanto de métodos que permitieran evaluar en qué medida se alcanzaban sus objetivos; el más conocido de los índices de evaluación del confort fue la "*temperatura efectiva*", desarrollado por Yaglou y colaboradores en 1923. Desde entonces, han aparecido muchos otros índices, pero la mayoría de ellos no engloban variables que en un ambiente industrial son de gran importancia, como la presencia de calor radiante, la intensidad de trabajo, etc., por lo que su utilidad en el campo laboral es muy limitada. En este panorama la aparición en 1970 de la obra "*Thermal Comfort*" de P.O. Fanger representó un avance sustancial, al incluir en el método de valoración propuesto, la práctica totalidad de las variables que influyen en los intercambios térmicos hombre-medio ambiente, y que por tanto, contribuyen a la sensación de confort; estas variables son: nivel de actividad, calor metabólico, características del vestido, temperatura del aire, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire (Vilella, du Génie y en Farmacia, L.,1983); (Guillén, 2014); (Mondelo, Torada, Vilella, Úriz, y Lacambra, 2004).

La norma ASHRAE 55-2013, menciona que el confort térmico se constituye como la percepción mental que tiene la persona del ambiente térmico. Por tanto, cuando se evalúa la percepción de los ocupantes, se puede determinar el estado de confort térmico de un lugar (Madrigal, Sánchez, Espín y Cabello, 2016).

1.1 Antecedentes y estado actual de la investigación sobre evaluación del confort térmico a nivel nacional e internacional

El confort térmico, garantiza que las personas se sientan en las condiciones ideales donde estén, y su salud no se afecte de forma significativa, además de prevenir posibles enfermedades por las bajas y altas temperaturas. Una persona que trabaja en un ambiente confortable, trabaja mucho mejor y será cada vez más productiva. Las temperaturas muy bajas, ocasionadas por los aires acondicionados con temperaturas mal programadas es un aspecto muy común, es por eso que Chávez (2002) considera que la aplicación de sistemas mecánicos de acondicionamiento ambiental no garantiza la obtención de un ambiente que ofrezca confort térmico a los ocupantes, siendo este un entorno controlado, en el que la variación de sus componentes son mínimas y que se encuentran dentro de lo que se considera confort térmico.

En el marco de este proyecto, se han analizado diferentes trabajos donde se han realizado estudios de confort térmico en edificios a nivel nacional e internacional, como:

En diversos edificios de California, Estados Unidos. Allí se encuestaron a varios practicantes de estas edificaciones y se analizaron modelos de confort y métricas de excedencia. Este estudio tuvo como resultado una gran contribución de información sobre el estado de comodidad y diseños de la edificación. Se estimó el porcentaje de tiempo que el entorno de un edificio queda fuera de una zona de confort térmico esperada (Brager & Borgeson, 2010).

En Colombia, aún queda mucho por trabajar en el tema de confort térmico, nada más en Bogotá cerca del 42% de los edificios, son constituidos como “*edificios enfermos*”. En esta capital, se tomó como caso de estudio el edificio de la torre Colpatria; con el objetivo de evaluar el confort térmico del edificio. Se tomaron las temperaturas en varias zonas horarias del día, la

temperatura radiante media, el índice PPD y PMV. El estudio finalmente, permitió establecer las condiciones de confort y porcentaje de personas insatisfechas. Se determinó que el edificio no cumplía con las condiciones higrotérmicas en los espacios estudiados, de acuerdo a la norma ISO 7730 y ASHRAE 55: 2004; y que por tanto estas eran inadecuadas. Lo cual, permitió establecer medidas preventivas e iniciativas de mejoras al respecto (Adames y Álvarez, 2012).

En Cuba, se efectuó una investigación para determinar el confort térmico en nueve locales de una empresa del sector gráfico, utilizando el método de Fanger. Se obtuvo que seis de los nueve locales estudiados presentaron un porcentaje previsible de insatisfechos superiores al 55 %, de los cuales cuatro superaron el 70 %; estableciendo los locales más críticos. A partir del estudio, se empezaron a implementar medidas técnicas y organizativas para mitigar el disconfort térmico y los riesgos asociados a la salud de los trabajadores (Lazo, 2010).

En Taiwán se ejecutó un experimento para medir el confort térmico en las aulas de clase, se utilizó un cuestionario basado en la norma ASHRAE 55, para evaluar ambientes en clima cálido y húmedo. El cuestionario consistió en evaluar la sensación y aceptabilidad térmica, preguntando si la temperatura para ellos era aceptable. El experimento de campo fue en 10 aulas de clase con ventilación natural y 26 con aire acondicionado; se utilizaron mediciones físicas para recolectar datos. Se evaluó un total de 944 individuos en siete universidades, completando 1294 cuestionarios. El resultado fue adquirir el rango ideal de aceptabilidad térmica y adaptación climática para los estudiantes (Hwang, Lin, & Kuo, 2006).

Se realizó una evaluación empírica sobre el confort térmico, en un edificio de trabajo de la Universidad Nacional de San Juan en Argentina; en esta evaluación se utilizaron encuestas con escalas de 7 puntos, basadas en la norma ASHRAE 55, teniendo como finalidad obtener la sensación térmica de los usuarios mediante la medición del grado de adaptación de las personas.

Como resultado, se obtuvo un diagnóstico del comportamiento térmico-energético y de la percepción sensorial de las personas con respecto a las variables climáticas exteriores e interiores y su adaptación con los dispositivos de control (ventilador externo), entre otros. El estudio además, estableció los rangos de aceptación térmica variables, en función de los aspectos locales, determinando el nivel de confort térmico general. Este proyecto, permitió conocer el estado de confort térmico, viendo oportunidades de mejora en el edificio (Kuchen, Gonzalo y Corallo, 2012).

Estudios realizados sobre confort térmico en climas cálidos, demuestran la importancia de establecer que los lugares están en confort térmico, tal es el caso, del estudio ejecutado en el edificio del instituto de investigación de la facultad de arquitectura y diseño de la Universidad de Zulia en Venezuela, el cual se basó en la utilización de encuestas a individuos expuestos a aires acondicionados. Durante la encuesta se registraron el tipo de ropa que usaba la persona, percepción térmica del ambiente, aceptación personal del ambiente, su preferencia térmica y las temperaturas del lugar. El resultado final del estudio fue el cálculo de las temperaturas que proporcionaban confort a los ocupantes del edificio, las zonas de confort, el PMV y la respuesta de la sensación térmica de los individuos (Cruz, Manuel, E., y Bravo, 2009).

Las altas y bajas temperaturas ocasionan efectos negativos en la percepción térmica de las personas, debido a esto lo más conveniente es siempre examinar las condiciones de confort térmico en una edificación. La universidad de Cuiaba en Brasil, analizó el confort térmico en uno de sus laboratorios. La investigación se ejecutó mirando las temperaturas dadas a través de termómetros globos, bulbo seco, bulbo húmedo e infrarrojo en estaciones secas y lluviosas. Los resultados demostraron que las condiciones térmicas de altas temperaturas deben reducirse y que

por tanto, es necesario utilizar estrategias de mitigación de calor en los entornos de la universidad (Novais, Joaquim, de Almeida, Zuffo, Nogueira, Leal y Kunz, 2015).

Establecer los límites del confort y su comportamiento, ayuda a conocer las condiciones de adaptación en diversas temperaturas, teniendo como objetivo regular el uso sistemas de climatización, como aires acondicionados y otros sistemas; para reducir el exceso de consumo energético en edificios y viviendas, en caso de que esto se presente. Los beneficios en costos pueden ser muchos, un ejemplo, es el estudio realizado en la ciudad de Sevilla en una vivienda, el cual tuvo como resultado la estimación de las horas en las que se activan de forma innecesaria los sistemas de climatización (Sánchez, G., Sánchez, D., y Rubio, 2016).

Un ejemplo de la relación directamente proporcional que existe entre el confort térmico y los costos energéticos, es el estudio realizado en la Universidad de Bordeaux de Francia, el cual busco establecer las causas de los gastos energéticos por costo de dos millones de euros anuales y con aumento del 6% todos los años en la institución. El estudio analizó el comportamiento energético de los recursos a través de los factores climáticos. Se concluye con el trabajo que la problemática energética de un sitio universitario, debe considerar la demanda ligada a las características de los edificios, el desempeño del sistema de producción y del recurso de distribución, el uso y su pilotaje. Sin embargo, todos estos aspectos deben integrarse en una zona climática y responder a las necesidades de confort, tomadas de las percepciones y opiniones de los usuarios en relación a la sensación de confort. Se determinó que dentro de los factores que influyen en la variabilidad del consumo energético, se encuentran los factores climáticos y la sensación de confort térmico de los usuarios. Las recomendaciones expuestas, sirvieron de base para decisiones políticas de la Universidad (Valderrama, Cohen, Lagiére y Puiggali, 2011).

En un centro educativo docente en Valencia - España, se evaluó el confort térmico y su comportamiento desde el punto de vista energético. Se realizó monitorización interior y un estudio estadístico con encuestas de satisfacción térmica. Los resultados fueron el comportamiento de las temperaturas en el recinto y sus valores. Además, se estipuló en qué meses del año se presentan frío o calor y se obtuvo la percepción de confort térmico de los ocupantes del recinto. El análisis permitió dar recomendaciones en los sistemas de climatización, de acuerdo a las necesidades reales del edificio e instalación de otros equipos estabilizadores de temperatura (Campos, 2017). Una investigación climatológica en Madrid, España, dejó claro que actualmente la evaluación del confort térmico y el uso energético, hacen parte de las principales líneas de investigación (García y Martilli, 2012).

Molina & veas (2012) realizaron un estudio en edificios públicos de Chile, midiendo variables ambientales y realizando encuestas de satisfacción, obteniendo información relacionada a la real percepción del ambiente térmico de cada uno de los usuarios de los recintos y a los cambios que ellos les harían según sus preferencias, falto por cubrir el gasto de energía y por consiguiente el costo que aumenta no tener presente el confort térmico.

Una evaluación hecha en Colombia a los trabajadores de MIPYMES en tejidos para Bogotá, determinó los niveles de disconfort de las personas. Se concluyó que factores como la interacción de las máquinas, los niveles de humedad, la ventilación, el metabolismo y la indumentaria causan incomodidad térmica en los trabajadores. El uso potencial de la estadística multivariada, sirvió para establecer el efecto negativo en la productividad de micro, pequeñas y medianas empresas (García, 2015). Un estudio similar se hizo en una empresa textil de Bélgica, la cual permitió el desarrollo de un tema de investigación del estrés térmico en trabajadores de empresas textiles. Se concluyó que tiene un gran impacto en la efectividad y productividad de los

trabajadores, causando estrés térmico y por ende enfermedades laborales. La evaluación de la percepción térmica permitió hacer recomendaciones a la empresa y mejorar la calidad del ambiente laboral (Cabrera y Poutou, 2006).

En Venezuela, se hizo un estudio de campo sobre el confort térmico de viviendas ventiladas naturalmente y de construcción ligera, en clima cálido y húmedo. Este análisis se basó en el principio adaptativo, utilizando la encuesta y ecuación de Fanger de voto medio estimado para hallar la percepción de confort térmico. Se consideraron las temperaturas interiores del bulbo seco y de globo, temperatura interior y temperatura exterior. Los resultados se compararon con estudios de referencia internacional (Morales y Cruz, 2003).

En Nogales, México, se seleccionaron dos casos de estudios en la ciudad de Nogales, para determinar la sensación térmica de un grupo de personas. Para lo cual, se aplicaron encuestas subjetivas, incorporando criterios como tipo de vestimenta, genero, actividad, edad, preguntas sobre la satisfacción, permanencia, seguridad y uso adecuado del sitio; acompañadas de mediciones de campo. Finalmente, se pudo conocer la temperatura de neutralidad o temperatura de confort manifestada por los usuarios (Bravo y De la Torre, 2014).

Yilmaz, Toy & Yilmaz (2007) llevaron a cabo una comparación de comodidad térmica en tres superficies diferentes, concreto asfáltico con un diseño de experimento, teniendo como resultado que el suelo fue la superficie con más ventajas, pero para los valores promedio del THI (índice termohigrométrico) el pasto exhibió características más favorables, mientras que la superficie menos favorable fue el concreto asfáltico, falto especificar cómo afecta el disconfort térmico a las personas.

(Jiang et al., 2018) efectuaron un estudio sobre el rendimiento del aprendizaje de los alumnos y el confort térmico de las escuelas primarias, lo realizaron haciendo un experimento a diferentes condiciones de temperatura y les realizaron tareas de aprendizaje para luego evaluar su percepción térmica, los resultados obtenidos fueron que se estableció que el rendimiento más alto es el registrado a una temperatura de aproximadamente 14 °C y se obtuvo un rendimiento óptimo cuando los alumnos se sentían ligeramente frescos, falta por cubrir cómo es el estudio en personas mayores de 12 años.

de Abreu-Harbich, Labaki & Matzarakis (2015) expusieron una evaluación de estrategias que mejoran el confort térmico y el ahorro de energía de un aula de clase, realizando mediciones en situaciones diversas, registrando las percepciones de los usuarios y realizando una simulación por computadora para desarrollar un plan de ahorro de energía. Los resultados fueron que durante el verano, es necesario utilizar sistemas activos, como ventilación natural, un enfriador y un acondicionador de aire, para mejorar el confort térmico interno. Falta por cubrir que se enfocaran también en la variable de aprendizaje y salud de los estudiantes.

Corgnati, Filippi, & Viazzi (2007) mostraron los resultados de un estudio de campo sobre investigaciones de confort ambiental en aulas de clase de secundaria y universidad, se realizó mediante mediciones del entorno térmico y realización de encuestas. Se descubrió que se aceptan ambientes térmicos que se consideran neutros o cálidos, se prefieren los ambientes térmicos que se juzgan ligeramente cálidos y en ambientes térmicos que se miden como ligeramente fríos prevalece la gente que "desea más calor".

Kwok & Chun (2003) examinaron la relación de la comodidad y el entorno físico en aulas de clase con ventilación natural y aire acondicionado en Japón, se realizó mediante encuestas y

comparación de investigaciones pasadas, como resultado arrojó que los ocupantes de las aulas de clase con ventilación natural expresaron su satisfacción con las condiciones climáticas interiores fuera de los límites establecidos por la zona de confort de la norma. Sin embargo, cuando se les preguntó acerca de la preferencia térmica, más de la mitad respondieron que preferirían ser más fríos. Las sensaciones térmicas neutrales no son siempre el estado térmico ideal o preferente para las personas, se observaron comportamientos adaptativos en aulas con aire acondicionado.

Mishra, Derks, Kooi, Loomans, & Kort (2017) presentaron un estudio de comodidad térmica de métodos mixtos en un aula de la Universidad de Tecnología de Eindhoven para proporcionar una mejor comprensión de la percepción térmica de los estudiantes a medida que avanzan y se adaptan a su entorno de clase, mediante recopilación de información sobre el edificio y el sistema de acondicionamiento, mediciones ambientales junto con encuestas subjetivas y correlación de datos objetivos y subjetivos, obteniendo que la percepción térmica durante la transición, también puede verse afectada por factores no térmicos. La percepción térmica de transición puede tener un impacto en cómo los ocupantes evalúan el interior, especialmente en situaciones de ocupación temporal como aulas de clase, auditorios, museos, salas de cine, etc, a pesar de que las condiciones térmicas durante las clases no cambiaron mucho, las percepciones térmicas de los alumnos cambiaron significativamente a medida que avanzaba la clase.

Giraldo y Herrera (2017) brindaron una solución que ofrece confort y calidad de aire a través de manejo de ventilación y carga térmica, mediante simulación experimental de una habitación típica de vivienda de interés social (VIS) se comprobó que en clima ecuatorial no se alcanzan condiciones de confort; además, al mediodía son prácticamente inhabitables.

(Kuchen E. et al., 2012) ejecutaron un trabajo de evaluación empírica de la percepción sensorial e individual de un grupo de usuarios en espacios interiores de trabajo. La investigación abordó la metodología de Fanger, basándose en la norma ASHRAE 55:2013, efectuando varios experimentos en cámaras climáticas. Se analizaron varios factores como el clima, edificio, espacio, envolvente, equipamiento, aislación de ropa, etc. Los resultados establecieron la temperatura de confort y neutralidad térmica.

En México, se elaboró un análisis de desempeño ambiental en diferentes niveles de habitabilidad de los habitantes. Su aporte se centró en la obtención de datos desde la perspectiva cualitativa que son confrontados a datos cuantitativos a través de mediciones en sitio donde el desempeño térmico de las edificaciones hace un balance entre la realidad existente y las expectativas de los habitantes. El proyecto se basó en la metodología de encuestas de Fanger, lo que permitió obtener el porcentaje de satisfacción y de confort térmico de las personas (Gómez, Amador y Sánchez, 2008).

La universidad técnica de Ambato, Ecuador; desarrolló una evaluación del confort térmico en las oficinas de un edificio gubernamental, examinando los niveles inadecuados de temperaturas dentro de los puestos de trabajo en el edificio. La metodología que se utilizó fue la de Fanger, la cual permitió calcular el voto medio estimado (PMV) y porcentaje de personas insatisfechas (PPD). Dentro de los resultados, se reflejó la sensación térmica que llega a sentir cada trabajador en base a una escala de 7 niveles (+3 y -3), así como la sensación térmica de cada oficina en horarios de la mañana y medio día (León y Mijaíl, 2018).

La Universidad Nacional Agraria La Molina, en Perú, evaluó el confort térmico de la biblioteca Agrícola Nacional (BAN) a través de la encuesta de percepción térmica de Fanger para

conocer la aceptabilidad térmica de los estudiantes y la calidad del medio ambiente. En la evaluación se hicieron pruebas higrotérmicas del ambiente. Como resultado, se demostró que hay confort térmico en las instalaciones, lo que llevo a mayor conocimiento de las condiciones ambientales de los participantes en la biblioteca y sirvió como insumo para la toma de decisiones de la Universidad (Rodríguez, 2016). Otras universidades como la Universidad Técnica de Cotopaxi en Ecuador, decidió hacer un estudio de confort térmico al laboratorio de seguridad Industrial, con la intención de implementar un protocolo de apoyo para los pasos metodológicos y estandarizados para medir las condiciones térmicas y evitar riesgos fisiológicos (Molina, 2016).

En Portugal, se trabajó un modelo de pronóstico del confort térmico en una empresa municipal de Lisboa. Se analizó el ambiente térmico en climas de verano e invierno. Los resultados obtenidos apuntan para la validación del modelo de pronóstico de confort, pero con una correlación reconocidamente baja, especialmente en invierno. De los datos recopilados, sobresale la existencia de valores, en el ámbito estimativo, preferencia, aceptación y tolerancia de los trabajadores con el ambiente térmico en su puesto de trabajo, así como en el análisis de los insatisfechos con el modelo de pronóstico de confort que muestran un ambiente térmico no adecuado a la actividad desarrollada. Este estudio reveló que esta tendencia es más marcada en invierno. Se obtuvo resultados de las variables ambientales fuera de los valores límites legales y normativos, como es el caso de la temperatura ambiente y humedad relativa, así como correlaciones o evidencias de consecuencia donde interviene la variable temperatura operativa, temperatura radiante media y temperatura media exterior (Silva y Calado, 2011).

En Bogotá, Colombia y en Barcelona, España, se demostró mediante un análisis de soluciones técnicas de mejora del confort térmico, la utilidad de las herramientas de simulación

energética, basadas en la tecnología Building Information Modeling (BIM). Estas herramientas permiten tener un prototipo del edificio en dos ubicaciones con climatologías lo suficientemente distintas como para obtener resultados concluyentes. Esta herramienta es basada en trabajos hechos por Fanger y está siendo utilizada por profesionales y expertos para evaluar situaciones de confort térmico (Dacosta, 2017).

García, Chávez y Rubio (2018) discutieron en un trabajo de campo la importancia del confort térmico en la calidad de vida y eficiencia de las actividades de las personas en una edificación. Los resultados han demostrado que los ocupantes tienen preferencias que rebasan el límite superior de la zona de confort comúnmente aceptada en los estándares internacionales de referencia. Este resultado significa que el confort puede lograrse a mayores temperaturas, lo que implica un menor consumo de energía y menor impacto ambiental.

En Ecuador, se utilizó el método de Fanger para evaluar el confort térmico en las oficinas del gobierno provincial de Tungurahua. Se analizaron las temperaturas altas y bajas durante el día, para establecer los niveles de temperatura e iluminación. Se utilizó el luxómetro para las mediciones en los puestos de trabajo. En los resultados se destacó que de un total de 82 oficinas, 41 son confortables, 39 son ligeramente calurosas, 2 son ligeramente frías y ninguna oficina es calurosa. Con respecto al confort lumínico se tiene que 16 oficinas tenían iluminación aceptable, 30 contaron con deficiente iluminación y 36 tenían iluminación excesiva. Estos aportes indicaron la necesidad de mejorar las condiciones térmicas y lumínicas de las oficinas que lo requerían (Soto, 2016).

La universidad Buenos Aires de Argentina, desarrolló procedimientos de medición y evaluación del servicio energético en función del confort térmico ambiental. Se organizaron una

serie de campañas de auditorías, de mediciones del servicio energético y encuestas de satisfacción del usuario. Se dio paso a crear procedimientos que permitieron establecer medidas de preservación de los recursos energéticos (Evans y Schiller, 2007). Otro estudio en Argentina, en la ciudad de Mendoza revisó la calidad térmica en viviendas de interés social, indago los requerimientos de confort por medio de un balance energético, seguido de un sondeo cualitativo de las sensaciones termo-lumínicas de las personas dentro de estos edificios. Se consideró que el edificio evaluado posee un marcado déficit en su calidad térmica, se le otorga al usuario un espacio que lo condena a vivir en condiciones térmicas precarias, lo que conduce a un gran costo energético durante la vida útil de la vivienda y se lo priva de la posibilidad de hacer uso racional de la energía (Mercado, Esteves, Filippín y Navarro, 2008).

La evaluación del confort térmico se relaciona ampliamente con el consumo energético. Esto lo confirma un estudio de consumo energético en un edificio escolar en el Área Metropolitana de San Juan, Argentina. En el cual se evaluó el comportamiento higrotérmico y energético anual en condiciones reales de ocupación, relacionándolos con las lecturas diarias de consumo energético. Otro aspecto interesante, es que se estudiaron los niveles de confort en tres aulas de clase mediante el método Fanger, determinando con un software específico los índices PMV y PPD. Por último, se computaron los consumos históricos, eléctricos y de gas, calculando los valores por unidad de superficie, que se comparan con antecedentes nacionales y estándares internacionales. El análisis determinó que el desempeño térmico es deficiente en las estaciones frías y cálidas, con ambientes que escapan de la zona de confort gran parte del tiempo (Re, M., Lucas, I. B. y Filippín, 2016).

Los estudios relacionados anteriormente, revelan que muchas veces el discomfort térmico puede deberse al mal uso, errores de diseño e inadecuada operación de los sistemas de

climatización, de ahí la importancia que tiene estudiar el estado de confort térmico de una edificación y sus causas. A mayor amplitud y mayor adaptación a la temperatura exterior de la zona de confort, menos habrá que activar los sistemas activos de climatización y por tanto, habrá un menor consumo energético (Sánchez-Guevara, Sánchez, D. y Rubio, 2016); (Balbis, Madugal, Cabello y Sagastume, 2018).

En lo que respecta a la seguridad y salud en el trabajo, la falta de adecuación y adaptación de las personas en los lugares de trabajo, trae consecuencias negativas para la salud afectando el estado fisiológico y psicológico de una persona; por lo que el objetivo principal debe ser promover la seguridad y salud de los estudiantes, favorecer la funcionalidad, productividad, eficacia, calidad y fiabilidad, del sistema de trabajo (González, 2007). Un ambiente que no reúne las condiciones ambientales adecuadas, afecta la capacidad física y mental del trabajador. Una de las ramas de la ergonomía ambiental, analiza diversos factores del entorno con el fin de prevenir efectos negativos, para lograr un mayor confort y agrado de las personas en su sitio de trabajo (García, Ubaque, C. y Ubaque, J., 2016).

Un caso de estudio en una empresa de alimentos cárnicos, realizado por estudiantes de la Universidad de la Costa en Barranquilla, demostró que cuándo hay temperaturas muy bajas la ergonomía de los trabajadores se ve fuertemente afectada hasta el punto de traer enfermedades a largo plazo de exposición. Constituyéndose un riesgo laboral inminente por exposición al frío (Gravini y Raquel, K., 2014).

1.2 Definición del confort térmico y la importancia de evaluarlo

Según la Norma ASHRAE 55 (2013), el confort térmico es una respuesta subjetiva y se define como la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (Madugal, et al., 2018). También es definido como una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado, sin necesidad de sudar (Mondelo et al., 2004).

Las expectativas de confort dependen del lugar donde se encuentre la persona, las condiciones climáticas y el tipo de vestimenta (ASHRAE, 2005). La norma ASHRAE, define la zona de confort con un límite inferior de 21,8°C de temperatura ambiente, 73% de humedad relativa, un límite superior de 26,3°C de temperatura ambiente y 22% de humedad relativa, para velocidades del aire menores a 0,22 m/s (Bedoya y Neila, 1992), (Fairey, 1981), (Vera, 2002, p.2).

Desde el aspecto psicológico, se define el confort térmico como la condición mental de satisfacción con el ambiente térmico que tiene la persona en el lugar donde se encuentra, sintiéndose en las condiciones ideales térmicas para desarrollar sus actividades sin perturbación (Hoppe, 2002).

En el término fisiológico, el confort se define como la situación en la que nuestro cuerpo no hace tanto esfuerzo por mantener y regular la temperatura interna adecuada. Un clima saludable para la persona depende de la temperatura y la humedad relativa (Viñals et al., 2014). El cuerpo humano está recibiendo y cediendo calor constantemente a través de cuatro mecanismos: La evaporación, la convección, la radiación y la conducción (Bartual, 1994).

El cuerpo humano no llega a percibir ni frío ni calor a una temperatura aproximada de 21 °C (68 °F). A esta temperatura se le llama temperatura normal y aunque se han encontrado pequeñas diferencias entre mujeres y hombres, niños y adultos, personas del sur y del norte,

personas que se alimenta principalmente de carbohidratos o de proteínas, etc., estas diferencias no superan los 2 °C (ASHRAE, 2010).

Existe confort térmico, cuando sentimos que las condiciones que percibimos y sentimos son agradables en el ambiente de trabajo, existiendo un equilibrio entre calor y frío. El confort térmico, dependerá del calor que produce el cuerpo por una actividad física ejecutada y la interacción de la persona y el medio ambiente. El confort térmico, además de relacionarse con la temperatura del aire, también se relaciona con variables como la temperatura del aire, la humedad del aire, velocidad del aire y la temperatura de los objetos y superficies que nos rodean (Silbaja, 2002).

El confort térmico, se relaciona con la condición del clima y la capacidad térmica de adaptación del individuo a esa condición. El confort puede tener un impacto significativo en el consumo de energía, el gasto económico y el diseño del edificio. Es importante que las personas se sientan en confort térmico, su bienestar físico y psicológico, no se verá amenazado por los factores externos ambientales. Un lugar de trabajo será más saludable y acogedor, brindando mejores sensaciones a los ocupantes, repercutiendo menos riesgo para la salud. Por tal motivo, se ha hecho necesario evaluar los ambientes de trabajo y sus condiciones, una de estas es el confort térmico en los espacios de trabajo. Cuando no se evalúa el confort térmico en las personas no se puede saber su aceptabilidad térmica con respecto al medio ambiente y su nivel de satisfacción. A cada empresa o institución le interesa conocer el estado de confort en sus edificaciones, con el fin de mejorar la calidad de los edificios. Generar condiciones ambientales ideales en un interior, conlleva a la Aliestesia térmica, integrada por espacios con adecuado confort térmico que ocasionan una zona placentera (Jara, 2015).

La variabilidad psicofisiológica del ser humano, imposibilita conseguir que todos se sientan confortables con el ambiente térmico, sea cuales sean las condiciones de referencia. Estudios han demostrado que siquiera un 5% de personas muestra estar disconforme con las condiciones de confort pre establecidas. Por lo que si las condiciones de discomfort aumentan, toda la población podría verse afectada. (Yungan y Bolívar, 2017, p.101)

El interés por evaluar el nivel de confort térmico, nació por motivo de la aparición de técnicas de acondicionamiento de aire, con el objetivo de lograr que las personas se sintieran confortables, precisando de métodos que evaluaran el cumplimiento de los objetivos de evaluación. En el año 1970 apareció la obra “*Thermal Comfort*” de Fanger, un método eficaz de evaluar la sensación de confort entre el hombre-medio ambiente, incluyendo distintas variables que participan en los intercambios del medio ambiente y el ser humano, como nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire. Es de gran interés determinar el porcentaje de personas inconfortables en un ambiente determinado, porque esto permitirá que se proyecte o modifique un ambiente térmico para llegar a las condiciones de temperatura ideales o mantenerlo (Vilella et al., 1983).

El cálculo de las condiciones de confort térmico, abarca parámetros como 1) El nivel de actividad en una unidad de tiempo. 2) La ropa, que es un interfaz entre el cuerpo y la temperatura. 3) Periodo de exposición: Definida como la cantidad de tiempo empleada bajo ciertas condiciones de temperatura (Gaitani et al., 2007), (Ruiz y Correa, 2009).

La evaluación del confort térmico, permite tener conocimiento de las condiciones térmicas del lugar de trabajo ayudando a determinar si existe confort térmico o disconfort en las personas, esta información sirve de base para proponer medidas efectivas de protección contra el

frío o el calor excesivos, partiendo de la identificación de factores de riesgos. Teniendo presente que un ambiente térmico inadecuado causa efectos negativos como la reducción de los rendimientos físico y mental, baja productividad, irritabilidad, incremento de agresividad, distracciones, incomodidades y aumento o disminución de la frecuencia cardiaca (Mondelo et al., 2004).

1.2.1. Aspectos que influyen en el comportamiento en las condiciones de confort térmico.

El comportamiento de las condiciones que se generen en las edificaciones para garantizar el confort térmico, puede estar afectado significativamente por diversos aspectos que están relacionados con parámetros asociados al clima y las tecnologías energéticas que se utilicen. También, existen factores como los asociados a la salud que dependen de garantizar las condiciones adecuadas de confort térmico.

Propiedades (temperatura, humedad y velocidad del aire) que influyen en el comportamiento del confort térmico.

El confort térmico, se compone de variables como la temperatura, la humedad y la velocidad del aire. Siendo la temperatura del aire, la que rodea a la persona en el interior del lugar donde se encuentra, interactuando con el calor de la piel. La humedad relativa, se constituye como el porcentaje de humedad que tiene el aire con respecto al límite máximo admitido, influyendo la transpiración. La humedad también permite la regulación de la evaporación, por eso los límites extremos debajo del 20% de humedad, aumentan el peligro por infecciones de sequedad en las mucosas. El aire muy seco por las temperaturas bajas es el que ocasiona el discomfort. Estas dos variables de temperatura y humedad interactúan con la variable de la velocidad del aire, la cual

interviene de forma directa con el balance y sensación térmica de cada individuo (Chávez, 2002). Por esto, se tiene presente que entre más baja sea la temperatura, estas variables serán más críticas, dificultando el confort térmico. En conclusión, el comportamiento de estas en el ambiente, dependerá para establecer si hay confort o discomfort térmico.

La temperatura del aire, es definida como aquella que rodea al cuerpo humano, representando las condiciones del entorno respecto al flujo de calor entre el cuerpo humano y el aire. La temperatura, está directamente proporcional a las condiciones del contorno del ser humano (Mondelo et al., 2004). Si la temperatura de la piel es mayor que la temperatura radiante media, el cuerpo cede calor por radiación al ambiente. Si el proceso es contrario, el cuerpo recibe calor del medio; lo que determinara la aceptabilidad térmica del individuo con el ambiente.

La temperatura radiante media es una temperatura uniforme, recinto negro que intercambia la misma cantidad de calor por radiación con el ocupante como el recinto real. Es un valor único para todo el cuerpo expresado como un promedio espacial de la temperatura de las superficies que rodean al ocupante, ponderado por sus factores de visión con respecto al ocupante (ASHRAE 55:2013).

La humedad es definida como el porcentaje de humedad que tiene el aire, esta variable se relaciona con la concentración de vapor de agua a la temperatura existente. Esto es de acuerdo a la variación de la percepción que se tiene del ambiente térmico, mejorando o empeorando (Molina, 2012).

La velocidad del aire, aparte de ser uno de los parámetros más importantes en la medición del confort térmico, interviene de forma directa con el balance térmico y la sensación térmica de la persona. . La velocidad del aire, también es considerada como esa capa de aire inmóvil la cual

mantiene temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativamente alta. Esta situación se desarrolla cuando la capa de aire que nos aísla, varía según la velocidad; aumentando la evaporación del sudor. La velocidad del aire, también es considerada como esa capa (Zumbana y Jiménez, 2017).

Estas variables son muy relevantes en el confort térmico; debido a que definen el ambiente térmico y afectan el balance de energía del cuerpo, condicionando el confort. El desarrollo de estas variables, indicara si el ambiente térmico es negativo o positivo (Ruiz, Correa y Cantón., s.f).

Percepción térmica y su relación con el clima exterior e interior en la edificación.

La percepción térmica, depende de las condiciones que presente el clima externo e interno de un edificio, las estaciones del año y horas del día. El clima, es el resultado de diversos factores que interactúan con el ambiente térmico, trayendo efectos negativos o positivos en el confort y sensación del ambiente en el ser humano.

El clima externo de una zona o ciudad determina si donde esté ubicada una edificación, tiene participación en el confort térmico. Las personas usan su tipo de vestimenta de acuerdo al clima que está operando. Por ejemplo, personas que están en climas moderados, usan diferentes conjuntos de ropa según la temporada; más ligero será en verano y más pesado en invierno. Cabe mencionar, que el clima exterior actúa en la temperatura interior de un local; esto se debe muchas veces, a que el factor climático altera el confort. Un estudio realizado en Malasia a un grupo de personas en distintas épocas del año, mostró que tanto la hora del día como las condiciones climáticas externas y el microclima de áreas circundantes, afectaron el porcentaje de votos registrados en las encuestas de percepción térmica aplicadas. Por lo que además, se obtuvo que la

amplia gama de temperaturas en el interior de la edificación se atribuyó a la variación de las temperaturas de un año completo (Djamila, Chu & Kumaresan, 2013).

El clima interior de una cámara o recinto, está ligado a la temperatura de la superficie, definida como la temperatura uniforme del recinto en funcionalidad con la temperatura radiante. La sensación de confort, incluye el balance térmico del cuerpo humano y el clima interior del lugar (Castilla, Álvarez, Berenguel, Pérez, Rodríguez y Guzmán, 2010).

Tecnologías energéticas que condicionan los valores de las propiedades del clima interior de la edificación.

La confortabilidad térmica, obedece en gran medida a la temperatura interior y exterior. En el caso de la temperatura interior (en un recinto- cuarto), depende de los sistemas de climatización como aires acondicionados y extractor. Los cuales mantienen confortables las condiciones térmicas en el interior de una edificación, realizando pasos de enfriar, calentar, renovar el aire y deshumectar (Zambrana, 2014). Estos sistemas son de gran ventaja pero repercuten en costos energéticos, cuando no tienen un buen control.

Debido al gran tamaño y al entorno dinámico de los edificios semipúblicos, la reducción de la energía a la vez que proporciona la comodidad deseada para los usuarios es un desafío. El costo de energía se basa en la relación de costo no lineal con la energía consumida, que se modela consecutivamente en términos de la carga de calor específica del edificio (Gaonkar, P., Bapat, J., & Das, D., 2018). Un estudio realizado en Chile, dio a conocer que el estado de una edificación depende en gran medida de la funcionalidad de los sistemas de climatización; por tanto el confort interior insuficiente y el alto consumo energético, son producto de una edificación deficiente. Corregir estas deficiencias, significa grandes beneficios, se logra elevar el estándar, aumentar el

confort térmico interior y bajar los gastos en climatización (Hatt, Saelzer, Hempel & Gerber, 2012); (Barros, Balbis, Castro, León, Silva y Rosales, 2017).

Riesgos causados por discomfort térmico en el edificio.

Riesgo laboral.

Según la ley 1562 de 2012, Los riesgos laborales son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Así, entre los riesgos laborales están las enfermedades profesionales y los accidentes laborales.

Se define como accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. La ley pacta que para el reconocimiento de una enfermedad laboral, se debe demostrar su relación con el factor de riesgo asociado. Esta se presenta por la realización de una actividad con medios o técnicas no adecuadas que a largo plazo tienen un impacto en la salud del trabajador.

Enfermedad laboral.

La ley 1562 de 2012 en el artículo No.4, puntualiza la enfermedad laboral, como aquella contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar.

Entre las enfermedades que causa el discomfort térmico se encuentran la tendinitis, hipotermia, Asma, Urticaria a Frigore, Tendinitis, Síndrome del Dedo Azul, Fenómeno de Raynaud, Vasculitis, Angina de pecho y Estrés laboral (Diario Oficial No. 48.488 de 11 de julio de 2012). Se definen algunas:

- *Tendinitis.*

Es una inflamación en el tendón (inserción del musculo del hueso). La Tendinitis se presenta cuando aparece una lesión o se realiza un sobreesfuerzo, que deteriora el tendón y su elasticidad.

- *Hipotermia.*

La hipotermia se presenta cuando la temperatura corporal es menor a los 35°C, por exposición a ambientes muy fríos. Dentro de los síntomas están: Somnolencia, debilidad y pérdida de coordinación, piel pálida y fría, confusión, temblor incontrolable (aunque con temperaturas corporales extremadamente bajas el temblor puede cesar), frecuencia cardíaca y respiratoria lentas. La hipotermia se clasifica en aguda, subaguda y crónica.

- *Asma.*

Es una inflamación que afecta a los bronquios, generando obstrucción, impidiendo el paso del aire. Las personas presentan un ahogo, que les dificulta la respiración con facilidad y de forma correcta. El ataque de tos es muy frecuente en el asma. El asma puede presentarse donde haya polvos, material particulado y exposición prolongada ambientes fríos. Se recomienda que las personas que presentan esta enfermedad deben abrigarse con chaquetas y usar tapabocas para evitar que su enfermedad pase a un nivel más complicado. La humedad es ocasionada por temperaturas muy bajas en espacios cerrados, lo cual ayuda a la afectación de alergias y aparición de enfermedades de otras enfermedades respiratorias.

- *Vasculitis.*

La vasculitis se presenta con la inflamación de los vasos sanguíneos o de las venas. Los sistemas generales son (fiebre, astenia, afectación del estado general) y/o el desarrollo de

manifestaciones locales orgánicas dependientes del órgano afecto por la vasculitis (afectación cutánea, síntomas neurológicos, dolor abdominal, compromiso renal, etc.). La piel y el tejido subcutáneo se afectan frecuentemente en las vasculitis (Gravini y Raquel, K., 2014).

- *Estrés laboral.*

Se entiende por estrés laboral un desequilibrio percibido entre las demandas laborales y la capacidad de control, aspiraciones de la persona y la realidad de sus condiciones de trabajo, generando una reacción congruente con la percepción del estresor (es) laboral (es). El trabajador puede presentar estrés laboral por múltiples factores tales como componentes ambientales que amenacen su integridad y bienestar. Existen tres factores que intervienen en el estrés laboral que son: recursos personales, recursos laborales y demandas laborales. Cualquier suceso o situación o persona que encontramos en nuestro medio externo puede ser un estresor. Entre los estresores del ambiente físico están la luz, ruido excesivo, vibraciones, humedad, disponibilidad y disposición del espacio Físico, entre otros. El discomfort térmico, puede imposibilitar el desarrollo óptimo de las actividades laborales y ocasionar estrés laboral (Durán, M., 2010).

- *Estrés térmico.*

El estrés térmico es la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan. La sobrecarga térmica es la respuesta fisiológica del cuerpo humano al estrés térmico y corresponde al coste que le supone al cuerpo humano el ajuste necesario para mantener la temperatura interna en el rango adecuado. Cuando la potencia no puede disipar en la cantidad necesaria, porque el ambiente es

caluroso, la temperatura del cuerpo tiende a aumentar y se origina el riesgo de estrés térmico. Si por el contrario el flujo de calor cedido al ambiente es excesivo, la temperatura del cuerpo descende y se dice que existe riesgo de estrés por frío.

La vasoconstricción disminuye el flujo de sangre a la superficie del cuerpo y dificultando la disipación de calor al ambiente. Debido a la vasoconstricción, el núcleo central del organismo disminuye el flujo de sangre y el calor que esta transporta, por lo que su temperatura descende y existe riesgo de congelación en manos, pies, etc.

Entre los factores que determinan el estrés térmico potencial se incluyen: La temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación, la actividad metabólica y el tipo de ropa (emisividad y radiación de la misma). La medición de estos factores permite determinar las demandas térmicas internas y externas que dan lugar a la termorregulación del cuerpo humano.

Las exposiciones fatales de frío en las personas, se produce por exposiciones accidentales, en las que no se puede evadir las bajas temperaturas ambientales. Se producen en algunos casos estos efectos:

1. Enfriamiento general del cuerpo.
2. Enfriamiento de la piel por convección de aire.
3. Enfriamiento de las extremidades.
4. Enfriamiento de la piel por conducción de calor debido al contacto directo con superficies frías.
5. Enfriamiento a través del sistema respiratorio.

La situación más crítica se produce en enfriamientos generalizados del cuerpo, en los que existe el riesgo de sufrir estados graves de hipotermia. El control del vestido, el ejercicio del refugio y del calor extremo son vías sencillas, pero a la vez eficientes para controlar el estrés por frío (Mondelo et al., 2004).

1.3. Efectos fisiológicos del frío

Entre los efectos del frío se encuentran el descenso de la temperatura interna (hipotermia) y congelación de los miembros, origina el estrés por frío, por enfriamiento general y local del cuerpo como caras, extremidades, entre otros (Mendoza, P., 1997).

Según la American Conference of Governmental industrial Hygienists (ACGIH), en la tabla 1, se pueden observar los efectos sufridos por el organismo cuando desciende su temperatura interna:

Tabla 1.

Efectos sufridos por el organismo cuando desciende su temperatura interna.

Temperatura interna (°C)	Sintomas clínicos
37,6	Temperatura rectal normal
37	Temperatura oral normal
36	La relación metabólica aumenta en un intento de compensar la pérdida de calor
35	Tiritones de intensidad máxima
34	La víctima se encuentra consciente y responde. Tiene la presión arterial normal
33	Fuerte hipotermia por debajo de esta temperatura
32	Consciencia disminuida. La tensión arterial se hace difícil de determinar. Las pupilas están dilatadas
31	aunque reaccionan a la luz. Cesa el tiriteo
30	Pérdida progresiva de la consciencia.
29	Aumenta la rigidez muscular. Resulta difícil determinar el pulso y la presión

	arterial.
	Disminuye la frecuencia respiratoria
28	Posible fibrilación ventricular
	Cesa el movimiento voluntario.
27	Las pupilas no reaccionan a la luz.
	Ausencia de reflejos tendinosos
26	Consciencia durante pocos momentos
25	Puede producirse fibrilación ventricular espontánea
24	Edema pulmonar
22	
21	Riesgo máximo de fibrilación ventricular
20	Parada cardiaca
18	Hipotermia accidental más baja para recuperar a la víctima
17	Electroencefalograma isoelectrico
9	Hipotermia más baja simulada por enfriamiento para recuperar al paciente

Nota: Estos son los síntomas más comunes en las respectivas temperaturas. Tomado de Mendaza, P.

L. (1997). Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales.

En conclusión, las mediciones de estrés térmico constituyen la base de la evaluación del ambiente térmico de trabajo, pero no predicen de manera exacta si las condiciones bajo las que está trabajando una persona no suponen un riesgo para su salud.

Un nivel de estrés térmico medio o moderado puede dificultar la realización del trabajo (ver tabla 2), pero cuando se aproximan a los límites de tolerancia del cuerpo humano, aumenta el riesgo de trastornos derivados de la exposición al calor. La sobrecarga térmica refleja las consecuencias que sufre un individuo cuando se adapta a condiciones de estrés térmico. No se corresponde con un ajuste fisiológico adecuado del cuerpo humano, sino que supone un costo para el mismo. Los parámetros que permiten controlar y determinar la sobrecarga térmica son: la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y la tasa de sudoración (Martí, E. y Mendaza, P., 2011).

Tabla 2.

Riesgos causados por bajas temperaturas.

Duración	Efectos fisiológicos	Efectos Psicológicos
Segundos	Bloqueo respiratorio Hiperventilación Aumento de la frecuencia cardiaca. Vasoconstricción periférica Elevación de la presión arterial	Sensación cutánea. Malestar.
Minutos	Enfriamiento de los tejidos y extremidades Deterioro neuromuscular. Tiritona Congelación por contacto o convención.	Reducción por rendimiento. Dolor por enfriamiento local
Horas	Menor capacidad de trabajo físico. Hipotermia Lesiones por frío	Deterioro de la función mental
Días/meses	Lesiones por frío sin congelación Aclimatación	Habitación Menos molestias
Años	Efectos tisulares crónicos	

Nota: Diferentes tipos de efectos causados por las bajas temperaturas. Fuente: Tomado de (Gravini, M. y Raquel, K., 2014, p.72) Enciclopedia de la organización internacional del trabajo. Capítulo 42. calor y frío.

1.4. Marco legal y regulatorio en Colombia que dictan lineamientos relacionados con el confort térmico desde el área energética y de la salud

En el decreto 594 del Ministerio de salud, Artículo 324, estipula que toda persona tiene derecho a laborar en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

Art. 99. Menciona que se entiende como exposición al frío las combinaciones de temperaturas y velocidad de aire, que logren bajar la temperatura profunda del cuerpo del trabajador a 36 °C o menos, siendo 35 °C admitida para una sola exposición ocasional.

El reglamento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo; Resolución 957, **Art. 4.** Afirma que el medio ambiente de trabajo debe ser digno, seguro y sano que favorezca la capacidad física, mental y social de los trabajadores temporales y permanentes.

Art. 53. En los locales de trabajo se debe mantener por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para las personas. La norma considera como temperatura ambiental crítica, al aire libre, aquella igual o menor de 10°C, que se agrava por la lluvia y/o corrientes de aire. La combinación de temperatura y velocidad de aire da origen a determinada sensación térmica representada por un valor que indica el peligro a que está expuesto la persona (Yungan y Bolívar, 2017).

En la tabla 3, se puede observar las disposiciones mínimas sobre bienestar térmico en la legislación de prevención de riesgos laborales.

Tabla 3.

Disposiciones mínimas sobre bienestar térmico.

	R.D. 486/97 L.T (Condiciones ambientales de locales cerrados)	R.D. 1027/2007 RITE (Condiciones de diseño de las instalaciones térmicas)
Humedad Relativa (%)	30-70	Verano:45-60 Invierno: 40-50
Temperatura Operativa (°C)	Trabajos ligeros: 14-25	Para PPD < 10%; M= 1,2 met; una ropa de 0,5 Clo en invierno: Verano: 23-25 Invierno:21-23

Nota: La guía técnica del INSHT sobre lugares de trabajo recomienda mantener la temperatura entre 17°C y 24°C en invierno y entre 23°C y 27°C en verano. Fuente: Trabajo de Armendáriz, P. (2001).

En la resolución 41286 del 2016, se adopta un plan de acción para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, PROURE, el cual define los objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, además de acciones y medidas sectoriales para el cumplimiento de metas y disposiciones reglamentarias. Este programa determina que el estado Colombiano debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, garantizando su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

El artículo 1 de la Ley 697 de 2001, declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, el cual asegura aspectos como el abastecimiento energético pleno y oportuno y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales (Ministerio de Minas y Energía de Colombia [MINMINAS], resolución 41286 del 2016).

Según el MINMINAS, el programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, establece que los sistemas de ventilación como los aires acondicionados, deben cumplir con los niveles mínimos de eficiencia energética, fomentando el diseño de proyectos relacionados con el uso eficiente, ahorro y conservación de la energía en todos los campos de la actividad económica. Dentro de los planes de eficiencia energética que tiene el programa para aumentar la calidad de vida de las personas en el sector público y de servicios, se encuentran:

- Medidas de eficiencia energética en energía eléctrica (Iluminación, aire acondicionado y motores eléctricos)
- Mejora del diseño, la construcción y la adecuación arquitectónica de edificaciones (Incluyendo mejoramiento de la transferencia de calor por los techos, ventanas y muros).
- Evaluación e implementación de distritos térmicos.
- Implementación de nuevos y modernos sistemas de medición
- Mejoramiento de la eficiencia energética en entidades públicas
- Adopción de reglamento de instalaciones térmicas
- Implementación de SGE (SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA)

La meta para el potencial de ahorro energético en la implementación de aires acondicionados eficientes energéticamente y libre de sustancias agotadoras de ozono y de bajo potencial de calentamiento global es del 16,31 % en el segmento educativo. Se propone fijar como meta en el PROURE la reducción de consumo de gas en este sector un 10%, aunque se reitera la necesidad de realizar los estudios específicos que permitan detallar las demandas térmicas (calor y frío) en los establecimientos del segmento que operen chillers (MINMINAS, 2016).

La Resolución 0549 de 2015, implanta porcentajes mínimos de reducción de consumo de energía y agua en las nuevas edificaciones. La resolución puntualiza como construcción sostenible al conjunto de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de edificaciones que admiten alcanzar porcentajes mínimos de consumo de recursos naturales, sin que el beneficio o la disminución del servicio se vea afectada, siempre encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida, responsabilidad ambiental y social (Ministerio de Vivienda, [MinVivienda], 2015).

Esta política dio paso a parámetros y lineamientos de construcción sostenible, además de la creación de una guía en la cual define los parámetros de eficiencia energética y la línea base de consumo con los cuales se deben comparar las medidas de eficiencia energética para considerar una edificación sostenible.

Los requerimientos mínimos en ahorro de la resolución emitidos por el MinVivienda en el año 2015, para el sector educativo se pueden observar en la tabla 4, a continuación:

Tabla 4.

Requerimiento mínimo de porcentajes de ahorro de energía para edificios del sector educativo.

Energía		Año 1 (%)		
% Con respecto a la Línea Base	Frío	Templado	Cálido Seco	Cálido Húmedo
Educativos	15	15	15	15
Energía		Año 2 (%)		
% Con respecto a la Línea Base	Frío	Templado	Cálido Seco	Cálido Húmedo
Educativos	45	40	40	35

Nota: Estos porcentajes están registrados en los distintos climas donde están las edificaciones. Fuente: Tomado de MinVivienda en el año 2015.

En la elaboración de la Línea Base, el MinVivienda tuvo en cuenta los sistemas constructivos más comúnmente utilizados y los perfiles de uso (horario, ocupación, sistema de iluminación, sistema de aire acondicionado, etc.) característicos según el tipo de edificación. Con esto logró caracterizar un consumo promedio por edificación (MinVivienda, 2016).

Según la caracterización por temperatura y localización, el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en los cinco pisos térmicos que son (Glacial, Paramo, Frío, Templado y Cálido). La humedad relativa se obtiene de la precipitación anual y la temperatura media; de acuerdo con la humedad relativa y la temperatura, la clasificación de climas se realizó en seis tipos: desierto, árido, semiárido, semihúmedo, húmedo y súper húmedo.

La humedad relativa interviene en el consumo de energía, la cual se relaciona con la comodidad personal y el confort. El confort térmico sucede cuando se equilibra la capacidad del cuerpo de absorber el agua o vapor presente en el aire con la temperatura del cuerpo. Esto significa que en ambientes fríos aumenta la humedad relativa, ya que el aire admite menos vapor de agua mientras que, en ambientes cálidos, disminuye la humedad relativa o, dicho de otra forma, aumenta la disponibilidad del aire para admitir vapor de agua, lo que produce sensación de sequedad.

En algunos lugares son necesarios ambientes climatizados, que necesitan la deshumidificación; tanto más cuanto más se caliente el aire lo que hace que el consumo de energía se incremente significativamente (Armend, Nacional, & Tecnolog, n.d., 2001). En Colombia, existen 4 zonas climáticas principales (ver tabla 5), por tanto, existe diversidad de climas que condicionan y hace diferencia a la hora de analizar el valor de los parámetros que inciden en el confort térmico.

Tabla 5.

Pisos térmicos, temperatura promedio y humedad relativa de las principales ciudades de Colombia.

Piso Térmico	Ciudad	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Altura (M)
Cálido Húmedo	Barranquilla	28°C	81%	18
Cálido Seco	Cali	24°C	69%	997
Templado	Medellín	20°C	84%	1495
Frío	Bogotá	11°C	94%	2625

Nota: Se observa el porcentaje de humedad relativa en los tipos de temperaturas. Fuente: Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Según la (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, [Superservicios], 2016) Barranquilla por ser un clima cálido presenta una temperatura promedio de 28°C, y además la humedad relativa promedio es del 80% muestra que el consumo energético promedio es superior a la línea base descrita por el gobierno nacional en la guía para la construcción sostenible, esto se puede dar debido al uso de sistemas de climatización ya sea ventiladores o aires acondicionados. El uso de sistemas de ventilación como aires acondicionados, hace que la demanda de energía sea elevada. Además, en los climas húmedos, los sistemas de aire acondicionado deben estar encendidos la mayoría del tiempo debido a que al apagarlos genera condensación y esta afecta equipos y objetos, tales como pisos, paredes, equipos electrónicos, etc.

El potencial de ahorro de energía y de reducción de emisiones de un proyecto de cambio de Aires acondicionados, es calculado como la diferencia entre el consumo actual de energía y el consumo de energía con los nuevos aires. Cuando son proyectos de eficiencia energética con equipos nuevos y sin un predecesor, el potencial de ahorro se calcula como la diferencia entre el consumo de energía usando un equipo de aire acondicionado convencional y el consumo de energía usando un equipo de alta eficiencia. El potencial además depende de la capacidad de los aires, la eficiencia del equipo y del número de horas de operación.

De acuerdo a (CNEE, 2010) En general, el potencial de ahorro puede establecerse entre un 20 y 35 % del consumo de energía actual dependiendo de las condiciones de operación y del tipo de sistema que se tenga. La inversión de un sistema de cambio de aire acondicionado depende del tipo de sistema que se quiera instalar, además de los requerimientos y prestaciones del sistema, tales como la capacidad de refrigeración (Arango Vásquez, J. P, 2017).

El documento CONPES 3700 (Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia) Es una política nacional para edificaciones propuesta que reconoce la necesidad de incorporar y promover criterios de sostenibilidad en edificaciones de todo tipo de uso, tanto nuevas como usadas en todo su ciclo de vida. En esta normatividad, se plantean medidas de eficiencia energética a implementar en diferentes sistemas de tratamiento para la optimización de procesos y componentes, reducción de pérdidas y mejoras operativas, entre otras estrategias.

En el plan de acción se articula las iniciativas relacionadas con la inclusión de criterios sostenibles en el sector de las edificaciones dentro de una estrategia de instrumentos para la transición de política pública, mecanismos de seguimiento a resultados y financiamiento verde a través de incentivos económicos.

La política CONPES reconoce la gran necesidad de implementar medidas de adaptación y mitigación para el cambio climático. Se incluye una estrategia financiera e institucional para incluir las variables climáticas como determinantes claves para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo. Esta directriz plantea lineamientos estratégicos y recomendaciones en las edificaciones. El límite de este documento es que no contemplaba dentro de su alcance la formulación de acciones de implementación específicas para el sector de las edificaciones. De

acuerdo a este lineamiento CONPES, los sistemas de ventilación como aires acondicionados en las edificaciones, tengan un uso eficiente de los recursos energéticos para lograr un menor consumo energético y de agua (Social, C., 2010).

Capítulo 2. Metodologías que se emplean para la evaluación del confort térmico

Como se ha mencionado anteriormente, el confort térmico, influye en la calidad de vida y rendimiento de las actividades realizadas por las personas. Los modelos de confort térmico para interiores, buscan resolver los problemas de climatización en edificios y lograr un equilibrio entre la eficiencia energética y el confort térmico de las personas. Se han construido modelos matemáticos, en base a las variables tomadas en cada una de las edificaciones que son evaluadas. La razón, por la que se han construido los modelos de confort térmico, es para analizarlo de diversas maneras y estandarizarlo. Los modelos de confort en interiores, han guiado a la existencia de múltiples normas internacionales y estudios (ASHRAE-55, 1992, 2004; ISO-7730, 1994, 2006; ISSO-74, 2004, 2014; EnBop, 2008; EN 15251, CEN, 2007; CIBSE, 2013; SN 180, SIA, 2013; GB/T 50785, 2012).

2.1. Modelo Estándar o Steady-State utilizado para predecir la sensación térmica de las personas

Una de los modelos matemáticos, fue el desarrollado por Povl Ole Fanger, llamado modelo **Estándar** o “*Steady- State*”. Este modelo fue desarrollado por Fanger en cámaras climáticas en los años 1960 y principios de 1970. Este modelo se basa en predecir la sensación térmica de las personas, por lo general agrupadas, y su porcentaje de insatisfacción con el ambiente térmico. Los datos obtenidos son expresados en el índice PMV (voto medio estimado) y

PPD (porcentaje de personas insatisfechas). Estos índices, son calculados mediante seis variables que son: metabolismo, aislación de la ropa, temperatura del aire interior, temperatura radiante media interior, velocidad y humedad del aire interior.

El método PMV, ha sido la base para norma ASHRAE-55, definiéndose una escala de 7 puntos, para cuantificar el PMV/PPD. Los participantes debían indicar cómo se sienten en relación al calor y el frío, usando los siete puntos de la escala de sensación térmica de ASHRAE, de (-3) hasta (+3), utilizando solo los valores enteros, representando los valores negativos sensación de frío, los positivos de calor y donde (0) se considera sensación térmica neutral (ver tabla 6). Otra parte del estudio consistía en que los participantes controlaban las condiciones térmicas ambientales, ajustando estas hasta que se sintieran en confort (Godoy, 2012). Fanger, presenta al PMV, como un índice que representa el voto medio de sensación térmica, bajo unas escalas estándar. Esto es aplicado a personas que trabajan bajo ciertas combinaciones de variables expuestas por el ambiente interior (Arballo, B. D., Kuchen, E., Alamino-Naranjo, Y., y Alonso-Frank, A., 2016).

Tabla 6.

Escala de sensación térmica, implementada en la norma ASHRAE 55.

VALOR NUMÉRICO	SENSACIÓN TÉRMICA
+3	Mucho calor
+2	Calor
+1	Un poco de calor
0	Neutra
-1	Un poco de frío
-2	Frío
-3	Mucho frío

Nota: Se muestra la denominación de la escala de sensación térmica. Tomada de: norma ASHRAE 55.

2.2. Modelo Adaptativo

El modelo **Adaptativo**, fundamenta sus principios en la adaptabilidad del cuerpo humano, argumentando que si existe cambio en las condiciones internas y externas que produjera disconformidad, las personas reaccionan de manera que tienden a restaurar su confort. Este modelo, es basado en estudios realizados por Nicol y Humphreys (Nicol y Humphreys, 1973); Auliciems (Auliciems, 1981); de Dear, Brager y Cooper (de Dear et al., 1997); y de Dear y Brager (de Dear y Brager, 1998). Se toman datos de estudio en campo, estableciéndose regresiones lineales relacionadas con la temperatura operativa (rangos de adaptación), que correlaciona las respuestas dadas por las personas en un estudio de campo (subjetivas) y los valores de los parámetros climáticos medidos con instrumentos (objetivos). Otro aspecto, es la dependencia que

encontrada entre la temperatura de neutralidad y la temperatura media exterior (Gómez-Azpeitia, Morales, G. B., y Torres, R. P. R., 2013).

El modelo adaptativo, toma como referencia tres aspectos que son: psicológicos (expectativa y habituación de confort en relación clima interior y exterior), de comportamiento o conductual (estrategias de restitución de la situación de confort como apertura de ventanas, uso de parasoles, ventiladores, puertas) y fisiológicos (aclimatación, ropa, ingesta alimenticia). Otros factores como el género de la persona y la constitución corporal, afectan la percepción térmica.

En países bajos una normativa, se presenta el método de llamado “*Limite de temperatura*” (ATL) este método es usado para evaluar la actividad regular y los niveles de aislación de la ropa de los ocupantes en edificios. En conclusión este modelo adaptativo, determina ciertos límites de rangos de aceptación térmica. La temperatura óptima de confort es adaptable en función a las condiciones interiores definidas dentro de los rangos determinados por el estándar, aplicable a espacios acondicionados naturalmente (Arballo, B. D. et al., 2016).

2.3. Modelo Adaptativo-Variable

Otro modelo existente es el **Adaptativo-variable**, la variabilidad de esta clase de modelo es definido como la capacidad de admitir la adaptación de los usuarios hacia el ambiente térmico, garantizando la configuración matemática en función de las mediciones en tiempo real de las condiciones externas, internas y físicas del edificio. Este modelo es desarrollado por Kuchen, el cual realiza un trabajo de campo usando este método en 30 edificios de oficina en Alemania. En este modelo, se utiliza el método “*spot-monitoring*” donde las encuestas y el relevamiento de los parámetros del clima interior se recopilan simultáneamente, comparándolos y detectando correlaciones. Los estudios son realizados en edificios con climatización natural o sin

climatización, denominados como Tipo 1, con sistemas de climatización mixtos T2 y con climatización total T3. Kuchen en este modelo, estableció un 7% de disconformes posibles a una temperatura de $23,3 \pm 1,1$ °C. Dentro de este rango queda definida la temperatura de neutralidad (Kuchen, 2008).

El modelo de Kuchen se basa también en la norma ASHRAE-55 con la escala de 7 puntos. En su modelo de confort térmico, el establece una ecuación que determina la capacidad de variabilidad y adaptabilidad, incorporando la variable de medición en tiempo real de la temperatura operativa (Top) y temperatura de modelos de confort térmico para interiores. Kuchen en sus estudios, estableció que las personas cuando están en disconfort son capaces de adaptar el ambiente a las condiciones ideales, por ejemplo: modificar los niveles de ropa, la posición de un termostato, controlar la apertura de puertas y ventanas, ajustar un parasol, etc. Adaptándose a las condiciones del lugar; convirtiéndolos en receptores no pasivos (Arballo, B. D. et al., 2016).

2.4. Análisis comparativo entre las metodologías del confort térmico

(Dear, Nicol, Humphreys, Auliciems, Brager y Cooper) con el modelo adaptativo, se basaron en las condiciones internas y externas que causan disconformidad. Este método toma en cuenta aspectos psicológicos, es decir las expectativas del clima exterior e interior; el aspecto conductual que lleva a recurrir a elementos que permiten la adecuación al ambiente, tales como el uso de ventiladores, parasoles, puertas, entre otros. El modelo adaptativo encierra además el aspecto fisiológico desde la climatización, ropa e ingesta alimenticia. Este método expone que el género de la persona y su masa corporal, afectan significativamente su sensación de confort térmico. Para obtener la percepción térmica se toman datos en campo, como la temperatura operativa, temperatura media exterior, temperatura de naturalidad, parámetros subjetivos y

parámetros climáticos (Gómez A. et al., 2013). A continuación se explica la definición del método en la siguiente tabla 7.

Tabla 7.

Modelo Adaptativo

Modelo	Definición del modelo	Autor	Método
Modelo Adaptativo	Fundamenta sus principios en la adaptabilidad del cuerpo humano, argumentando que si existe cambio en las condiciones internas y externas que produjera disconformidad, las personas reaccionan de manera que tienden a restaurar su confort. El modelo adaptativo, toma como referencia tres aspectos que son: psicológicos (expectativa y habituación de confort en relación clima interior y exterior), de comportamiento o conductual (estrategias de restitución de la situación de confort como apertura de ventanas, uso de parosoles, ventiladores, puertas) y fisiológicos (aclimatación, ropa, ingesta alimenticia). Otros factores como el género de la persona y la constitución corporal, afectan la percepción térmica.	Nicol y Humphreys; Auliciems; de Dear, Brager y Cooper	Se toman datos de estudio en campo, estableciéndose regresiones lineales relacionadas con la temperatura operativa (rangos de adaptación), que correlaciona las respuestas dadas por las personas en un estudio de campo (subjetivas) y los valores de los parámetros climáticos medidos con instrumentos (objetivos). Otro aspecto, es la dependencia encontrada entre la temperatura de neutralidad y la temperatura media exterior. El método consiste en el tratamiento por separado de edificios ventilados naturalmente y edificios con sistema de climatización, tomando como unidad inicial de análisis cada edificio.

Nota: Descripción del modelo Adaptativo. Elaboración propia.

Las ventajas de esta metodología desarrollada por Dear y sus colaboradores, es que sus investigaciones en fueron realizadas en distintas locaciones y bajo una amplia gama de condiciones climáticas; considerando valores que se obtuvieron por la evaluación de las personas y la medición

en campo, haciendo de su modelo uno de los más completos. La ejecución del método ha demostrado que se puede realizar bajo presupuestos modestos. Además esta metodología, abarca aspectos como psicológicos, de comportamiento y fisiológicos. Sin embargo, este modelo es muy empírico y se fundamenta gran parte en las suposiciones de manera cualitativa, haciendo el método un poco inexacto con interpretaciones muy variables de los resultados (Tared, 2004).

Brager y de Dear (1998) citaron que los modelos de balance térmico tienen una concepción de la persona como un objeto pasivo que tiene estímulos termales. Sin embargo, un número creciente de investigadores ha reconocido que los ocupantes interactúan con el ambiente que les rodea, y que adaptarán su conducta y expectativas con tal de buscar el confort térmico. Desde la acción de abrir o cerrar ventanas, subir o bajar persianas, encender ventiladores y ajustar termostatos, hasta cambiar de ropa como demuestran en sus trabajos (Baker & Standeven ,1996), (Sánchez et al., 2016). A continuación en la tabla 8, se muestran las ventajas y desventajas del Modelo Adaptativo.

Tabla 8.

Ventajas y Desventajas del modelo adaptativo.

Modelo	Ventajas	Desventajas
Modelo Adaptativo	Este método empujado por Dear, abarca investigaciones en diversas locaciones, considerando sus tipos de climatización. Basa los resultados a partir de valores obtenidos de forma subjetiva (dadas por las personas) y objetivas (valores medidos en campo). Este modelo de adaptación se apoya en resultados de estudios de confort realizados en campo bajo una amplia gama de condiciones climáticas (Gómez-Azpeitia et al., 2013). Es posible llevarse a cabo mediante presupuestos modestos. Tiene en cuenta los factores psicológicos, de comportamiento y fisiológicos.	Este modelo es muy empírico, y se considera que gran parte de sus fundamentos están basados en suposiciones (TARED, 2004) lo que convierte a muchas ciencias derivadas del enfoque cualitativo, como inexactas, debido a interpretación múltiple con que se llega a los resultados. La temperatura de neutralidad de este método, no es una situación puntual, en que las personas puedan sentir confort.

Nota: Descripción del modelo Adaptativo. Elaboración propia.

Kuchen en su modelo Adaptativo variable, toma en cuenta la adaptación de los usuarios con el ambiente térmico (ver tabla 9). El método garantiza a través de una ecuación matemática las mediciones en tiempo real de los parámetros climáticos, las condiciones internas, externas y físicas del edificio. Este método desarrollado por *Kuchen*, es un método bastante aplicado en edificios, recopilando los parámetros para compararlos y determinar su correlación.

Tabla 9.

Método Adaptativo-variable.

Modelo	Definición del modelo	Autor	Método
Modelo Adaptativo-variable	la variabilidad de esta clase de modelo es definido como la capacidad de admitir la adaptación de los usuarios hacia el ambiente térmico, garantizando la configuración matemática en función de las mediciones en tiempo real de las condiciones externas, internas y físicas del edificio	Kuchen	En este modelo, se utiliza el método “ <i>spot-monitoring</i> ” donde las encuestas y el relevamiento de los parámetros del clima interior se recopilan simultáneamente, comparándolos y detectando correlaciones. Los estudios son realizados en edificios con climatización natural o sin climatización, denominados como Tipo 1, con sistemas de climatización mixtos T2 y con climatización total T3. Kuchen en este modelo, estableció un 7% de disconformes posibles a una temperatura de $23,3 \pm 1,1$ °C. Dentro de este rango queda definida la temperatura de neutralidad

Nota: Descripción del modelo Adaptativo-variable. Elaboración propia.

La ventaja de esta metodología es que se estudia la adaptabilidad de las personas con respecto a las condiciones físicas dentro del edificio, abarcando desde distintos ángulos (Arballo B. D., et al., 2016). Se incluye también la capacidad de variabilidad y la adaptabilidad, con la incorporación de la variable de medición en tiempo real de la temperatura operativa. El modelo de *Kuchen* introduce, la combinación de adaptabilidad en base al PMV y PPD. Teniendo presente el clima a nivel general y al lugar donde se realice el estudio. Se tiene en cuenta, mayormente no se trabaja con las variables que son del todo propias del lugar donde están las personas evaluadas, sino con variables externas (Kuchen et al., 2009). En la tabla 10, se muestran las ventajas y desventajas que posee este modelo.

Tabla 10.

Ventajas y desventajas del modelo adaptativo-variable.

Modelo	Ventajas	Desventajas
Modelo Adaptativo-variable	Este método de Kuchen, define la adaptación de las personas en función de las condiciones físicas, externas e internas del edificio (Arballo, B. D. et al., 2016). Determina la capacidad de variabilidad y adaptabilidad, respectivamente, a través de la incorporación de la variable de medición en tiempo real de la temperatura operativa. El modelo térmico de Kuchen introduce la variabilidad sobre el modelo del PMV-PPD y combina las consideraciones de adaptabilidad. Tiene presente las circunstancias del clima global y se adapta fácilmente a los casos de estudios.	El modelo trabaja mayormente con variables que no son propias del entorno local donde se encuentran las personas, sino factores externos. Kuchen, E. et al. (2009). Carece de abarcar ampliamente todos los parámetros y las variables que inciden en las actividades de los trabajadores y sus características en los ambientes térmicos.

Nota: Descripción del modelo Adaptativo-variable. Elaboración propia.

Povl Ole Fanger, utiliza el modelo estándar, que ayuda a predecir la sensación térmica de las personas, midiendo el voto medio estimando (PMV) y el porcentaje de insatisfechos con el ambiente (PPD).

En su modelo *Fanger* determina seis variables que son aislamiento de la ropa, el metabolismo, temperatura del aire interior, temperatura radiante media interior, velocidad y humedad del aire interior. El método de *Fanger*, obtiene el índice PMV de los votos promedio emitidos por un grupo determinado de personas. Donde se evalúa la sensación térmica con una escala de 7 puntos o niveles de la percepción del clima (ver tabla 10).



Figura 2. Niveles de percepción de clima establecidos por Fanger. Fuente: foto tomada de la aplicación de la empresa AQUALOGY.

Sin embargo, este modelo es aplicable solo en épocas estacionarias, sin tener en cuenta variaciones de temperatura a lo largo del día (ver tabla 11). Su aplicabilidad solo se limita a personas que están expuestas a condiciones térmicas constantes en un largo periodo y con un índice de tasa metabólica constante comprendida entre 46 y 232 W/m², aislamiento de la ropa entre 0 - 2 clo. y ambientes entre frescos (-2) y calurosos (2) (Fanger, 1973).

Tabla 11.

Modelo Estándar de Fanger.

Modelo	Definición del modelo	Autor	Método
Estándar ("Steady-State")	El modelo Estándar, consiste en predecir la sensación térmica de las personas y su respectivo porcentaje de insatisfacción con el ambiente térmico. Estos datos son expresados en índices de PMV (Voto medio estimado) y PPD (Porcentaje de personas insatisfechas). El índice PMV, es calculado a través de seis variables que son: metabolismo, aislación de la ropa, temperatura del aire interior, temperatura radiante media interior, velocidad y humedad del aire interior. Además,	Povl Ole Fanger	Se calcula el PMV y el PPD a partir de la información relativa de la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa. Se realizan las mediciones del ambiente exterior y las encuestas a las personas del lugar basadas en la escala de satisfacción térmica de 7 puntos, para obtener el PMV.

este índice refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente).

Nota: Descripción del modelo Estándar. Elaboración propia.

A pesar de las limitaciones del método, este proporciona ventajas relevantes. Permite la evaluación de aspectos como el ambiente de trabajo, el calor radiante, el nivel de intensidad del trabajo, velocidad del aire, humedad relativa, entre otros factores. Este método es práctico al utilizarlo por la sencillez de su aplicación. Este método es completo al calcular el índice de PMV y PPD. Estos índices son hallados a través de unas ecuaciones establecidas por Fanger (García et al., 2016).

Para que se establezca el confort térmico es necesario que se satisfaga la ecuación de balance térmico, relacionada con la capacidad de los mecanismos fisiológicos de la termorregulación, de proporcionar un estado de equilibrio térmico, la ganancia y eliminación de calor (Gravini y Raquel, K., 2014).

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot \left\{ \begin{aligned} &(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - Pa] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ &- 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - Pa) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - Ta) \\ &- 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(Tr + 273)^4] - f_{cl} \cdot hc \cdot (Tcl - Ta) \end{aligned} \right\}$$

****Ecuación de Fanger para la obtención del PMV (AENOR 2006) (ISO 7730).***

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)$$

****Ecuación para la obtención del índice PPD. ASHRAE 55.***

La metodología de Fanger, es ideal para medir el confort térmico en entornos cerrados, donde las personas están en exposición a largas horas laborales o académicas. La razón de ser el método más adecuado, es que el índice de valoración subjetiva del confort, fue obtenido por experimento a un grupo de 1300 personas. Las pautas de las metodologías permiten el conocimiento del estado térmico del lugar para proponer alternativas de mejora (Sierra, 2017), (Molina, C., y Veas, L., 2012).

El método de Fanger es el más completo de los métodos existentes, su eficacia radica en que evalúa las diferentes variables que intervienen en el ambiente térmico de un entorno laboral. Dentro de estas se encuentran el nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire; cuyas variables intervienen en la relación del hombre-entorno, lo cual afecta su sensación de confort. En la tabla 12, se puede observar cuales son las ventajas y desventajas que presenta este método.

Tabla 12.

Ventajas y desventajas del método estándar de Fanger.

Modelo	Ventajas	Desventajas
Modelo Estándar (“Steady-State”)	Este método de Fanger permite: Evaluar aspectos importantes en un ambiente de trabajo como la presencia del calor radiante, la intensidad del trabajo, velocidad del aire, etc. La aplicación del método es sencillo y claro para aplicar. Es uno de los métodos más extendidos de la actualidad que calcula tanto el índice PMV y PPD, que indican con buena precisión la sensación térmica de un entorno y el porcentaje de personas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado, especialmente lugares cerrados. Este método es de gran	Este método, tiene limitaciones en su aplicabilidad; según recomendaciones de la norma ISO 7730, el PMV solo debe usarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables implicadas en el cálculo, permanecieran comprendidas dentro de los siguientes intervalos (que equivalen a ambientes térmicos entre frescos (-2) y calurosos (2)): Tasa metabólica comprendida entre 46 y 232 W/m ² (entre 0,8 met. y 4 met). Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31 m ² K/W (0 clo. y 2 clo). Temperatura del aire entre 10 C° y 30 C°. Temperatura radiante media entre 10 C° y 40 C°. Velocidad del aire entre 0 m/s y 1

interés, no solo cuando se desea evaluar una situación sino cuando se desea también proyectar o modificar un ambiente térmico. El método de Fanger permite valorar de forma global la sensación térmica correspondiente al ambiente.	m/s. Presión del vapor de agua entre 0 y 2700 Pa. Este método se basa mayormente en condiciones ambientales estacionarias por lo tanto no tiene en cuenta las variaciones de temperatura a lo largo del día, que es resultado de investigaciones en cámaras térmicas y que solo es aplicable a humanos expuestos a un largo periodo en condiciones constantes y con una tasa metabólica constante. (Fanger, 1973).
--	--

Nota: Descripción del modelo Estándar. Elaboración propia.

El modelo estándar, es actualmente uno de los modelos más conocidos en la estimación de confort térmico; debido a que fue **Povl Ole Fanger**, el creador del índice de voto medio estimado, traducido en inglés Predicted Mean Vote (PMV), presentó aportes esenciales de la medición del confort en cámaras climáticas.

Este modelo de Fanger, busca proyectar el ambiente térmico aceptable, para lograr al máximo el confort térmico de las personas (Vilella, E. C. et al., 1983), (Campano, 2015). La norma ISO 7730 y norma ASHRAE 55:2004, se basaron en la metodología de Fanger para determinar el índice y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico en ambientes moderados (PMV y PPD), considerando la respuesta de las personas al ambiente térmico (García et al., 2016).

2.5. Medición del confort térmico aplicando encuestas de percepción térmica, según el método diseñado por Fanger

La encuesta es una medición subjetiva, que obtiene información del usuario promedio. Las preguntas que se usan en la encuesta incluyen aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos del usuario conforme al ambiente térmico y su percepción (Kuchen, 2008). En la encuesta Povl Ole Fanger, se evalúa aspectos como los siguientes:

1. Temperatura exterior.

Fanger en la encuesta de percepción térmica, evalúa primeramente las condiciones climáticas, como la temperatura ambiente exterior. Esto se atribuye a que la temperatura exterior de una ciudad o país influyen en la sensación térmica de las personas. La variante de temperatura exterior, dependerá de las estaciones climáticas del año (ver tabla 13). Por ejemplo, un estudio realizado en Dinamarca, reveló que en el periodo de invierno, la temperatura desciende, de tal forma que la temperatura operativa de los recintos también disminuye y ocasiona mayor disconfort térmico. Sin embargo, hay un nivel de confort muy aceptable en climas neutros. Otro estudio reveló que el 80% de las personas entrevistadas, prefieren menor temperatura y radiación solar para sentirse en confort (Ruiz et al., s.f).

Tabla 13.

Temperatura operativa establecida según estación climática, tipo de espacio y actividad.

Tipo Local o espacio	Actividad w/m ²	Cat.	T. op Verano	T. op. Invierno
Despacho Individual, oficina diáfana	70 (1,2 met)	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0
Sala de conferencias, Auditorio	70 (1,2 met)	B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
Cafetería-Restaurante, Aula	70 (1,2 met)	C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0

Nota: Se observa la temperatura operativa en diferentes lugares. Fuente: Tomada de ISO 7730, ASHRAE 55.

2. Sensación térmica.

El análisis subjetivo del ambiente térmico se realiza a través de la encuesta de sensación térmica, arrojando como resultado el voto medio estimado, se relaciona al valor del porcentaje de personas insatisfechas (PPD). Estos índices se correlacionan con respecto a la percepción objetiva de neutralidad térmica (Molina, C., y Veas, L., 2012).

En la encuesta el voto de sensación térmica (PMV) se emite sobre una escala de 7 puntos, denominada también como escala de ASHRAE; siendo autenticada por normas como (ISO 1055, 2002). Esta escala que mide principalmente la disconformidad, hace que la persona manifieste su sensación al elegir desde -3 (*mucho frío*), -2 (*frío*), -1 (*algo de frío*), 0 (*neutro= confort*), +1 (*algo de calor*), + 2 (*calor*), hasta + 3 (*mucho calor*). La utilización de esta escala ASHRAE, ayuda a que los datos obtenidos sean homogéneos. El voto de sensación térmica permite saber el grado de aceptabilidad térmica de las personas con respecto un lugar. La valoración subjetiva, permite conocer si la temperatura operativa es aceptable (Kuchen et al., 2009). Fanger incluye en su encuesta el nivel de sensación térmica, para conocer el estado de aceptabilidad térmica y su percepción del ambiente. Esto permite conocer cómo se sienten las personas con el clima, dando una orientación sobre las condiciones térmicas del lugar.

La Norma ASHRAE 55-2013, ha mostrado avances sustanciales en la comprensión de la respuesta humana a los entornos térmicos, incluida la enmienda 55-95a. El estándar 55-2004, especifica las condiciones del entorno térmico interior que los ocupantes consideran aceptables. La normativa, se enfoca en la evaluación de espacios como edificios, adjuntando el método de cálculo del PMV- PPD para la determinación del confort térmico. Estándar 55, es ahora el más consistente que otras normas internacionales, por la complejidad de normativas enfocadas al cálculo de confort térmico en situaciones particulares y la calidad del aire. El modelo dinámico ASHRAE 55-2013, incluye la temperatura media exterior como una variable en el cálculo de los límites de la zona de confort (Olesen, B. & Brager, G, 2004).

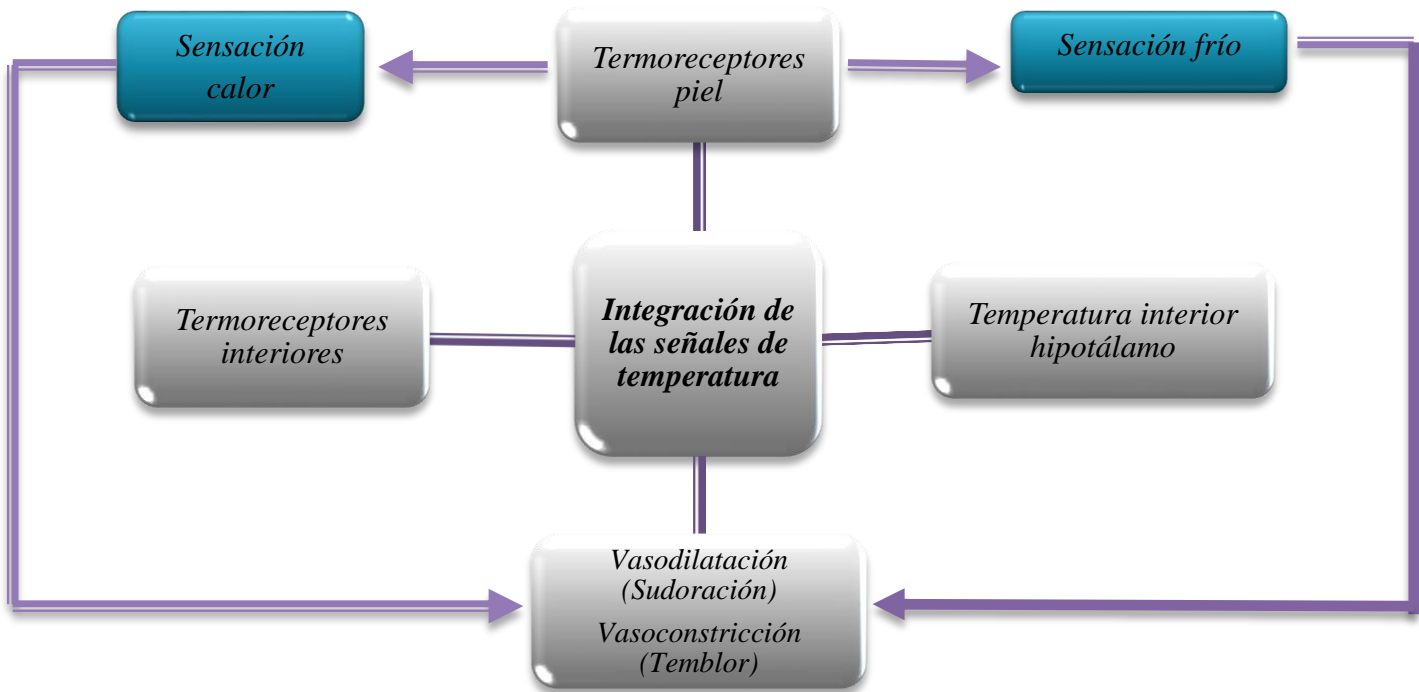


Figura 3. Esquema del proceso de sensación y percepción térmica. Fuente: Basado en el trabajo de Richard de Dear (2011). Godoy Muñoz, A. (2012).

3. Área de ubicación de la persona.

El modelo de Povl Fanger presenta estudios de campo, en los que se establece una relación directa entre la temperatura media exterior y las condiciones de confort térmico interior. Se ha demostrado que en condiciones reales de funcionamiento, las expectativas de confort de los ocupantes de los edificios ventilados de forma natural (temperatura en flotación libre), difieren de las percibidas por los usuarios de los edificios acondicionados mecánicamente. Fanger en su modelo de estudio, menciona que La ubicación de la persona con respecto a la ventana y las puertas, incidirá en su sensación de confort térmico en el interior. Por consiguiente, la encuesta de percepción evalúa tanto la ubicación de la persona en el lugar y su distancia de la ventana exterior

derecha e izquierda (Montesdeoca, 2016). En la figura 4, se percibe el esquema de las aulas de clase y sus ocupantes

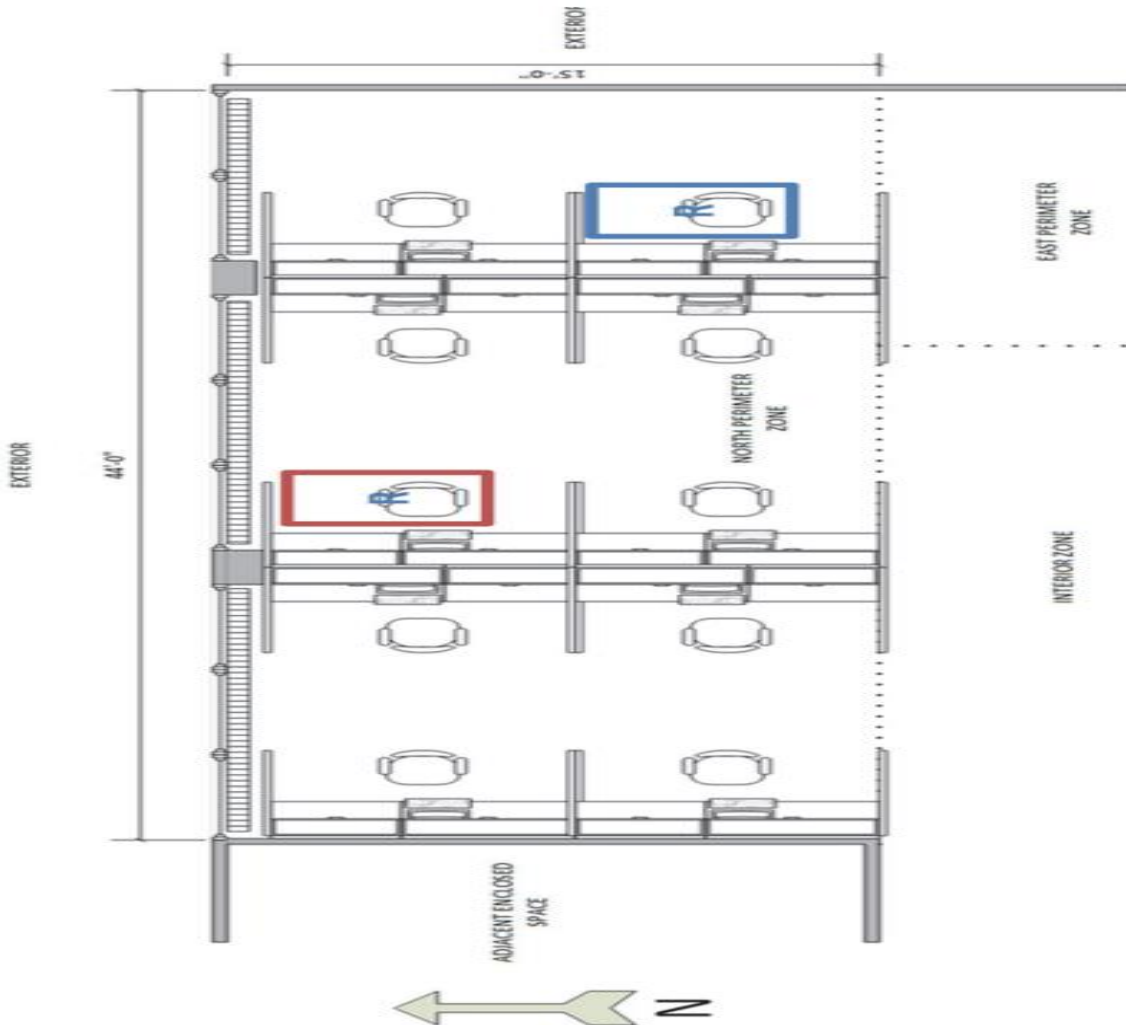


Figura 4. Ubicación del ocupante en el salón de clases. Fuente: Imagen tomada de Manual ASHRAE 55:2013.

4. Estimación de la ropa e influencia del vestido.

La ropa es un interfaz entre el cuerpo y el medio ambiente, de tal forma que puede admitir los intercambios higrotérmicos (Ruiz y Correa, 2009). Para la aplicación del método de Fanger, es necesario conocer el grado de aislamiento de la ropa habitual o de trabajo del usuario. En la encuesta, Fanger incluye la selección del tipo de ropa de los usuarios, permitiendo que el ocupante registre cada prenda de vestir que tiene en su estancia. Esta clasificación ayuda a caracterizar la cantidad de vestimenta y ver cómo les afecta en el confort térmico.

El aislamiento se estima de acuerdo a la cantidad y tipo de ropa que la persona lleve consigo, se calcula mediante la suma de los valores de aislamiento de las piezas individuales de la indumentaria, registrados en las tablas 14 y 15, a continuación, según la norma ASHRAE 55:2013, ISO 7730 y norma ISO 9920 (García, R. P. et al., 2016).

Tabla 14.

Índice de la valoración del aislamiento de la vestimenta.

Desnudo	0 Clo.	-
Ligero	0,5	(Similar a un atuendo típico de verano comprendiendo ropa interior de algodón, pantalón y camisa abierta).
Medio	1,0 clo.	(Traje completo).
Pesado	1,5 clo.	(Uniforme militar de invierno).

Nota: Se muestra la cantidad de aislamiento según la clasificación de la vestimenta. Fuente: Tabla tomada de

(Gravini, M., y Raquel, K., 2014, p. 83) Universidad de la Costa.

Tabla 15.

Aislamiento de prendas y temperatura operativa.

I Clo.			
Prenda	Clo.	m ² · K/W	Cambio de temperatura operativa óptima
Ropa interior	0,03	0,005	0,2
Bragas	0,1	0,016	0,6
Calzoncillos de remeras largas	0,04	0,006	0,3
Camisetas de manga corta	0,09	0,014	0,6
Camisetas de manga larga	0,12	0,019	0,8
Bragas y sujetador	0,03	0,005	0,2
Camisas/blusas			
Mangas cortas	0,15	0,023	0,9
Ligeras, mangas largas	0,2	0,031	1,3

Nota: Aislamiento térmico de las prendas de vestir más comunes. Fuente: Tomado de ISO 7730.

5. Actividad de la persona.

Povl O. Fanger, supuso un desarrollo sustancial en la valoración del confort térmico, incluyendo todas las variables que influyen en los intercambios térmicos persona-ambiente, como el nivel de actividad. En su metodología de evaluación en la encuesta, incluye el nivel de actividad física de cada ocupante. Esto se debe a que la sensación térmica experimentada por un ser humano está relacionada, principalmente, con el equilibrio global de su cuerpo. Este equilibrio depende de la actividad física que la persona está ejecutando en el momento (Solís Villafañá, L., 2017).

La actividad física, puede hacer que la persona se sienta en disconfort o confort térmico. Por ejemplo, la percepción de confort térmico en temperaturas bajas, no será la misma para una persona que se encuentra de pie en constante movimiento a alguien que está sentado por un

tiempo prologando. Esta última persona puede verse más afectada debido a que realiza menos nivel de actividad que la primera; y por tanto tener percepción mayor de discomfort térmico.

El bienestar térmico depende del estado físico de agradabilidad del individuo, en el cual el individuo puede lograr una condición óptima para realizar una determinada actividad en el interior en un edificio. La energía del cuerpo se transforma en calor dentro del organismo, sumando el calor producido y consumido para realizar sus actividades. La temperatura interna o central, es el resultado del promedio ponderado de las diferentes temperaturas de las partes y órganos del cuerpo. Estas temperaturas toman diferentes valores según la actividad como se muestra en la tabla 16 (Mondelo et al., 2004).

Tabla 16.

Actividad de trabajo.

Componente de la actividad		(*) Potencia calorífica (kcal/min)	% del tiempo de trabajo
Posición del cuerpo	De pie	0.6	60
	Caminando	2.0	40
Tipo de trabajo	Ligero con ambos brazos	1.5	90
	Pesado con ambos brazos	2.5	10
Metabolismo Basal		1	100

Nota: Cantidad de energía gastada en algunas actividades. Tomada de Mendaza, P. L. Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales.

En las altas tasas metabólicas, la norma no se aplica a los ocupantes cuya tasa metabólica promediada en el tiempo excede de 2.0 met. Actividades como caminar a 6,8 km / h (4,2 mph), limpiar la casa, bailar, jugar deportes, trabajar con maquinaria pesada y muchas actividades recreativas (Sección 5.2 del manual de ASHRAE 55:2013).

2.6. Consideraciones generales de la Norma ASHRAE 55:2013

Se limita a especificar factores ambientales y personales que producen un ambiente térmico aceptable.

Usar un termómetro globo para medir la temperatura operativa es un proceso simple en edificios existentes. Es posible medir MRT en el campo, más fácilmente midiendo los pares de temperatura del aire y la temperatura del globo donde los dos termómetros están en proximidad cercana.

Alcance.

Especificar métodos para determinar las condiciones ambientales térmicas generales.

Especifica 4 factores ambientales

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Humedad
- Velocidad del aire

Factores personales.

- Tasa metabólica
- Aislamiento de la ropa
- Requiere cumplimiento adicional a las condiciones térmicas locales cuando las personas visten ligero y tienen baja actividad.

Limitaciones.

- Está limitado a adultos sanos

- Está limitado a ubicaciones con presiones atmosféricas equivalentes a altitudes de hasta 3000 m.
- Aplica solo a aquellos ocupantes que tienen o es probable que pasen 15 minutos o más en un espacio interior diseñado para la ocupación humana.
- Está diseñado para espacios cerrados en el entorno construido. No aborda factores ambientales como la calidad del aire, la contaminación, la acústica y la iluminación.
- Tampoco aborda un factor potencialmente significativo que afecta la sensación térmica de los ocupantes del edificio, a saber, la radiación solar de onda corta que incide directamente en los ocupantes. El diseño de Fenestration que permite que la luz solar directa en el espacio llegue a los ocupantes y sean sometidos a la radiación solar de onda corta, lo que puede resultar en calor térmico.

Espacios con condiciones naturales.

La norma requiere que el usuario siga los requisitos que se aplican a espacios que están naturalmente acondicionados, incluidas las disposiciones para ampliar los límites de confort térmico en función del movimiento de aire elevado. Específicamente, el estándar requiere que se midan los siguientes parámetros en el espacio que se evalúa:

- a. Temperatura del aire interior
- b. Temperatura media de radiación
- c. Temperatura del aire exterior

El estándar requiere que se soliciten respuestas de la encuesta, ya sea de un subconjunto representativo de los ocupantes o cuando sea factible, de todos los ocupantes del espacio. Además,

la norma especifica las tasas de respuesta mínima para las encuestas en función del número de ocupantes solicitados para las encuestas.

En los edificios nuevos, la primera encuesta de satisfacción térmica puede realizarse aproximadamente seis meses después de la ocupación, lo suficientemente tarde como para evitar evaluar los efectos de poner el edificio en comisión, pero lo suficientemente temprano para ayudar a identificar y resolver problemas de construcción a largo plazo, que han escapado a la detección durante el proceso de puesta en marcha.

La norma no especifica un formato particular para las encuestas de satisfacción, pero sí especifica dos criterios:

a. La satisfacción térmica debe medirse con una escala que finalice con las opciones: “muy satisfecho y muy insatisfecho. La escala se divide y codifica por igual en siete valores de -3 a +3. Los votos entre 0 a +3 son calificados con aceptabilidad térmica muy satisfecho y aquellos que están entre -1 a -3 están dentro de la clasificación de aceptabilidad térmica muy insatisfecho.

b. Las encuestas de satisfacción térmica deben incluir preguntas de diagnóstico que permitan identificar las causas de la insatisfacción.

La norma proporciona ejemplos de preguntas de encuestas que cumplen con la intención de la norma. Tras la identificación de un voto insatisfecho (un voto que cae entre -1 y -3), se plantean preguntas de diagnóstico que permiten la identificación de las causas de insatisfacción.

Las encuestas de satisfacción térmica deben incluir preguntas de diagnóstico que ayuden a establecer las causas de la insatisfacción. Como se puede observar en la Figura 5, las preguntas de

diagnóstico se activan cuando los votos en la escala de satisfacción están por debajo del punto medio neutral de la escala.

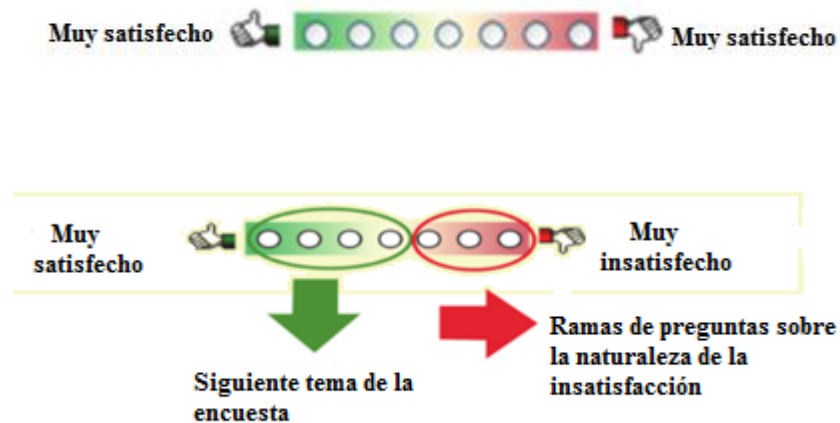


Figura 5. Escala de satisfacción térmica utilizada en la encuesta. Fuente: Tomada del manual ASHRAE 55.

Las encuestas puntuales en el tiempo o “ahora mismo”; se usan para evaluar las sensaciones térmicas de los ocupantes en un solo punto en el tiempo. Las encuestas puntuales en el tiempo se utilizan generalmente en la investigación de confort para obtener las reacciones de los ocupantes a las condiciones térmicas que se miden físicamente al mismo tiempo. Esto permite la generalización científica, como “¿Qué ancho de banda de temperatura es aceptable para los ocupantes sedentarios que usan ropa típica de verano?”

En la evaluación del edificio, las encuestas de punto en el tiempo se pueden usar para identificar problemas en un momento particular o para establecer el sistema de control ambiental. En el futuro, a medida que las mediciones físicas sean más fáciles de obtener de los dispositivos conectados a Internet, las simples encuestas puntuales podrían convertirse en herramientas

comunes, incluso automatizadas, para el ajuste continuo y el funcionamiento de los sistemas de automatización de edificios.

Dos factores son relevantes para las encuestas puntuales: la aceptabilidad del entorno térmico y la sensación térmica de los ocupantes. Ambos son necesarios, porque un entorno puede ser inaceptablemente cálido o frío, y la acción correctiva para cada uno es diferente. Ambos factores tienen una larga historia de uso en estudios de campo.

El estándar requiere que los factores de aceptabilidad térmica incluyan una escala continua o de siete puntos que termine con las opciones “muy inaceptable” y “muy aceptable”; (a veces “claramente inaceptable”, o “no del todo aceptable” se sustituyen por “muy inaceptable”). Las escalas están codificadas numéricamente de -3 a +3 a lo largo de divisiones de igual longitud, aunque las divisiones pueden no ser visibles para la persona que realiza la encuesta. Según la norma los votos considerados como “satisfechos” serán aquellos que se encuentren entre -1 a +3, pero se tendrá en cuenta que aquellas personas que eligieron una sensación térmica de +3 (frío), tienen una percepción desagradable al sentir incomodidad térmica por el frío.

En la práctica, los investigadores del confort a menudo rompen la escala en el medio para forzar un juicio, sin dejar un punto cero. Las dos escalas resultantes están etiquetadas en los extremos: “muy inaceptable”, “simplemente inaceptable”, “simplemente aceptable”, y “muy aceptable”, y las escalas están codificadas de -3 a -0.1 y +0.1 a +3.

En la evaluación del confort posterior, los criterios de aceptabilidad de confort se basan en estos valores de código (ver Figura 6). El estándar requiere que las preguntas de la encuesta sobre la sensación térmica incluyan la escala de sensibilidad térmica de siete puntos ASHRAE

subdividida de la siguiente manera: “fría”, “levemente fría”, “neutral”, “levemente cálida”, “cálida” y “caliente”.

El estándar especifica que las encuestas de punto en el tiempo deben solicitarse en momento que representen la ocupación del edificio. Para usar los resultados de una encuesta de punto en el tiempo que evalúen los rangos de aceptabilidad del confort a lo largo del tiempo, la encuesta debe implementarse bajo múltiples condiciones térmicas y en múltiples modos de operación de la construcción.

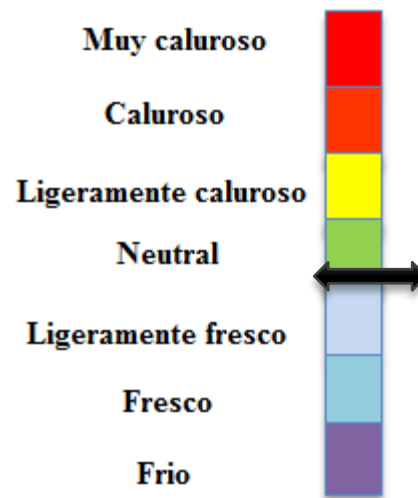


Figura 6. Escala de medición de sensibilidad térmica. Fuente: Manual de ASHRAE 55.

Usar un termómetro globo para medir la temperatura operativa es un proceso simple en edificios existentes. Es posible medir MRT en el campo, más fácilmente midiendo los pares de temperatura del aire y la temperatura del globo donde los dos termómetros están en proximidad cercana (Tomado de la Norma ASHRAE 55:2013).

El porcentaje máximo de personas insatisfechas con sus condiciones de confort es del 100% y, como nunca se puede contentar a todos los usuarios en todo momento, el rango del PPD

aceptable para el confort térmico según ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) es inferior al 10% de personas insatisfechas para un espacio interior (Martínez Molina, A. et al., 2016).

2.7. Encuesta de percepción térmica de la norma ASHRAE ESTÁNDAR 55:2013

La (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) ASHRAE es una sociedad global que promueve el bienestar humano a través de tecnología sostenible para el entorno construido. Sus 53,500 miembros en todo el mundo son personas que comparten ideas, identifican la necesidad y apoyan la investigación, escribiendo los estándares de la industria para pruebas y práctica. El resultado de estos esfuerzos ha logrado que los ingenieros sean más capaces de mantener los ambientes interiores con el fin de mayor seguridad y productividad, al tiempo que protegen y preservan el aire libre para las generaciones venideras (Tomado del Manual ASHRAE 55:2013, Prologo).

Una de las formas en que ASHRAE apoya la necesidad de información de sus miembros y de la industria es a través de ASHRAE Investigación. El constante apoyo anual de los investigadores y empresas a ASHRAE, ha permitido informar avances significativos y datos sobre las propiedades de los materiales y la física de la construcción con el fin de promover la aplicación de tecnologías innovadoras.

La encuesta es una herramienta que permite conocer las necesidades y expectativas de las personas. También debe contener datos de codificación que pueden servir para agrupar y obtener resultados estadísticos. La encuesta de percepción térmica, registrada en el estándar ASHRAE 55:2013, la cual empleó Povl Ole Fanger y se muestra en la Figura 7, encierra los factores necesarios que deben tenerse presente al evaluar el ambiente térmico de los usuarios.

1. Record the approximate outside-air temperature _____ and seasonal conditions:

☐ Winter ☐ Spring ☐ Summer ☐ Fall

2. What is your general thermal sensation? (Check the one that is most appropriate)

(Note to survey designer: This scale must be used as-is to keep the survey consistent with ASHRAE Standard 55.)

☐ Hot
☐ Warm
☐ Slightly Warm
☐ Neutral
☐ Slightly Cool
☐ Cool
☐ Cold

3. Either (a) place an "X" in the appropriate place where you are located now:

SAMPLE

(Note to survey designer: Provide appropriate sketch for your space or building.)

or (b) place an "X" in the check box that best describes the area of the building where you are located now.

☐ North
☐ East
☐ South
☐ West
☐ Core
☐ Don't know

4. On which floor of the building are you located now?

☐ 1st
☐ 2nd
☐ 3rd
☐ Other (provide the floor number): _____

5. Are you near an exterior wall (within 15 ft)? ☐ Yes ☐ No

6. Are you near a window (within 15 ft)? ☐ Yes ☐ No

7. Using the list below, please check each item of clothing that you are wearing right now. (Check all that apply):

(Note to survey designer: This list can be modified at your discretion.)

<input type="checkbox"/> Short-Sleeve Shirt	<input type="checkbox"/> Dress	<input type="checkbox"/> Nylons
<input type="checkbox"/> Long-Sleeve Shirt	<input type="checkbox"/> Shorts	<input type="checkbox"/> Socks
<input type="checkbox"/> T-shirt	<input type="checkbox"/> Athletic Sweatpants	<input type="checkbox"/> Boots
<input type="checkbox"/> Long-Sleeve Sweatshirt	<input type="checkbox"/> Trousers	<input type="checkbox"/> Shoes
<input type="checkbox"/> Sweater	<input type="checkbox"/> Undershirt	<input type="checkbox"/> Sandals
<input type="checkbox"/> Vest	<input type="checkbox"/> Long Underwear Bottoms	
<input type="checkbox"/> Jacket	<input type="checkbox"/> Long Sleeve Coveralls	
<input type="checkbox"/> Knee-Length Skirt	<input type="checkbox"/> Overalls	
<input type="checkbox"/> Ankle-Length Skirt	<input type="checkbox"/> Slip	
<input type="checkbox"/> Other: (Please note if you are wearing something not described above, or if you think something you are wearing is especially heavy.) _____		

8. What is your activity level right now? (Check the one that is most appropriate)

☐ Reclining
☐ Seated
☐ Standing relaxed
☐ Light activity standing
☐ Medium activity standing
☐ High activity

Figura 7. Encuesta usada para la evaluación de percepción térmica. Fuente: Tomada del manual ASHRAE 55:2013.

CAPITULO 3. Evaluación de la sensación térmica que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Establecido el caso de estudio, se realizó una investigación en las bases de datos de la Universidad, la definición general, normatividad, proyectos y avances en el estudio del confort térmico aplicados en lugares de educación académica y otros recintos; indagando en los casos de éxito. Además hubo una previa búsqueda de las metodologías del confort térmico y sus autores, además de las variables de medición en un ambiente térmico, lo que permitió conocer su grado de influencia en el ambiente. Se comparó las metodologías más importantes del confort térmico, determinando la metodología a implementar y resaltando su valor práctico, para este estudio el modelo Estándar de Povl O. Fanger, tomando como base la norma ASHRAE 55:2013 para el modelo de la encuesta.

3.1. Características generales del bloque 10 de la Universidad de la Costa

La Universidad de la costa, mantiene una estructura dinámica, amoldándose a la normatividad vigente y las necesidades de la comunidad universitaria. En cuanto a la capacidad instalada de la Institución, es de 7285 estudiantes simultáneamente, sumando aulas de clase, salas de cómputo y laboratorios, esto es en cada hora disponible y en cada uno de estos espacios.

El bloque 10 de la Universidad de la Costa, que se presenta en la Figura 8, cuenta con un área de 480 m², cada aula de clase mide exactamente 43,16 m². La capacidad máxima por salón es de 40 estudiantes. En total hay 27 aulas de clase.



Figura 8. Fachada del Bloque 10 de la Universidad de la Costa. Fuente: Universidad de la costa.

El laboratorio de fuentes renovables tiene un área de 41,99 m², con capacidad para 15 estudiantes.

Este bloque está distribuido como se muestra en la tabla 17 y en las Figuras 9 y 10:

Tabla 17.

Distribución del bloque 10 por piso.

Piso	Descripción
1	Aulas de clase, Laboratorio de Fuentes Renovables.
2	Aulas de clase.
3	Aulas de clase.
4	Aulas de clase.

Nota: Descripción elemental de la distribución de cada piso del bloque 10. Fuente: Elaboración propia tomada de información de la Universidad de la costa.

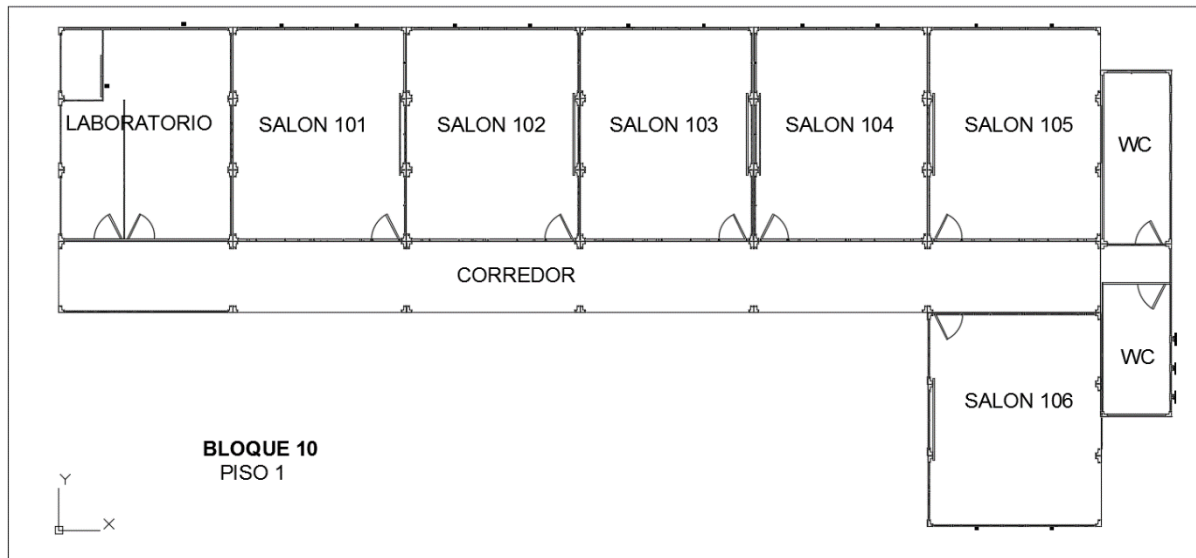


Figura 9. Plano piso 1 del bloque 10 de la Universidad de la Costa. Fuente: Universidad de la costa.

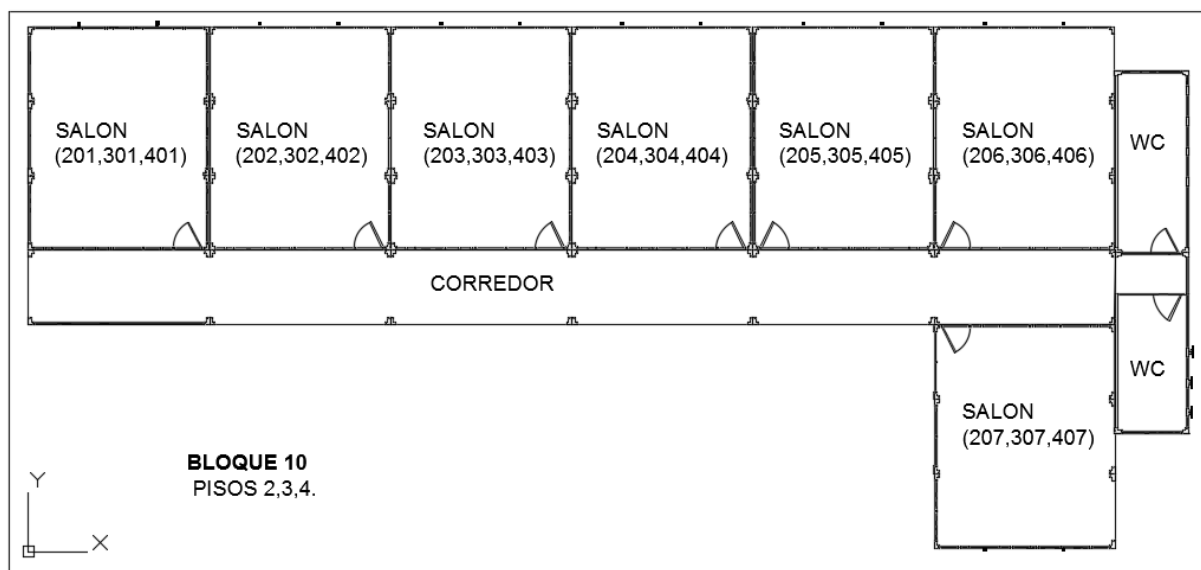


Figura 10. Plano del piso 2,3 y 4 del bloque 10 de la Universidad de la Costa. Fuente: Universidad de la costa.

3.2. Aplicación de la encuesta de medición de la percepción térmica de los estudiantes en el bloque 10 durante el año 2018

El modelo de encuesta que establece la norma ASHRAE 55:2013 y muy utilizado por Fanger, contiene preguntas que evalúan aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos del usuario

respecto al ambiente en que se encuentra y se responde mediante escalas de valor. Entre las preguntas más importante se encuentra: El voto de sensación y aceptabilidad térmica, la ubicación del ocupante en el aula de clase, el nivel de la ropa y nivel de actividad en la última instancia de tiempo.

El proceso de evaluación de encuestas tuvo en cuenta las siguientes limitaciones:

Que los espacios evaluados fueran cerrados en entornos construidos y con altitudes hasta 3000 m. Las encuestas se aplicaron en todas las aulas de clase del bloque 10 de la Universidad de la Costa, solo a estudiantes con un tiempo mínimo de estadía en el salón de 15 minutos, como lo requiere la norma ASHRAE 55:2013. Se pidió el permiso a cada docente en las aulas de clase, esto permitió que se les explicara a los estudiantes la importancia de la encuesta y su aplicación en cada punto de la misma, con el fin de despejar sus dudas.

El equipo utilizado para las mediciones de temperatura fue el termohigrómetro, el cual midió la temperatura y porcentaje de humedad.

En conformidad de la norma y el método de Fanger, se evaluaron factores personales que afectan el confort térmico de los ocupantes, como el valor de aislamiento de la ropa (Clo.) y el nivel de actividad de cada estudiante. Todos estos factores estuvieron incluidos en la encuesta de sensación térmica. El análisis de la encuesta abarcó sobre la ropa y el nivel de actividad general para determinar las características de los ocupantes.

La tasa metabólica de los ocupantes se estima en base a los datos que proporciona la norma para una variedad de actividades comunes como sentarse, pararse, caminar, actividades de oficina y actividades de ocio, entre otras. El estándar permite promediar la tasa metabólica de los ocupantes cuando el nivel de actividad desarrollado es común.

Acorde con la información se analizaron las prendas características de los ocupantes, tanto masculinas como femeninas, relacionándolo con su percepción térmica. Luego se relacionó la ubicación del ocupante y su grado de influencia en la percepción térmica.

Las personas satisfechas e insatisfechas se ven reflejadas en los índices PMV, PPD y porcentajes de respuestas de los votantes. Se comparó las diferentes ubicaciones de los estudiantes en el aula de clase con su percepción térmica.

Se hizo un estudio holístico al establecer distintas correlaciones entre los datos objetivos (medición) y subjetivos (encuesta). Los datos de la encuesta se tabularon por cada aula de clase en Excel, contabilizando la cantidad de personas evaluadas en casa piso y a nivel general, el porcentaje de personas satisfechas e insatisfechas en el bloque y nivel de aceptación térmica, entre otros factores, con fórmulas estadísticas. Finalmente se busca establecer el estado de confort de los estudiantes en el bloque 10, tomando como referencia el resultado de las encuestas.

3.3. Resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas de percepción térmica de los estudiantes en el bloque 10

En esta parte se muestran los datos obtenidos y el análisis general de las encuestas de percepción térmica, con el fin de dar a conocer los resultados y el aporte de la investigación.

El proceso aplicación de las encuestas experimentado en el bloque 10, permitió conocer el grado de influencia del clima exterior en la temperatura de las aulas. Se notó que a medida que la temperatura externa aumentaba, se hacía más necesario que el clima interior de las aulas de clase disminuyera. Según algunos autores como (Cena, de Dear & Brager 1997); (Nicol Humphreys, 2002), (Klute, G. K., Rowe, G. I., Mamishev, A. V., & Ledoux, W. R., 2006), esto se debe a la proporcionalidad directa que hay entre el clima exterior con el clima interior del edificio.

La aplicación de la encuesta se realizó generalmente en la franja horaria de la mañana de 10:30 a 12:30 p.m. Se les preguntó a los estudiantes su criterio sobre la sensación térmica que experimentaba en el momento de ser encuestado, su ubicación en el aula de clase y el edificio, la aceptabilidad térmica, la cantidad de ropa y su nivel de actividad.

La evacuación se llevó a cabo en época de verano, donde estuvo bastante fuerte la temperatura predominando cerca de los 30°C. Por lo general, los estudiantes no tenían un alto nivel de actividad, la mayoría se encontraban sentados en el aula de clase.

Para determinar la cantidad de estudiantes que debía encuestarse y garantizar que los resultados fueran confiables, se determinó el tamaño de muestra que debía ser encuestado. Para ello, se aplicó la ecuación 1:

$$n = \frac{Z\alpha^2 \cdot N \cdot (p \cdot q)}{e^2 \cdot (N-1) + Z\alpha^2 \cdot (p \cdot q)} \quad (1)$$

Donde,

n = Tamaño poblacional

N = 1080 (Capacidad máxima admitida del bloque 10)

Nivel de confianza = 95% Valor designado $Z\alpha^2 = 1,96$

α = Intervalo de confianza, debido a que es el 95%, su valor 0,95

e = Limite aceptable del error de la muestra, cuyo valor varía entre el 1% (0,01) y el 9% (0,09). Este valor es a criterio del encuestador, en este caso será 0,05.

$$e = 1 - \alpha \quad \alpha = 0,95$$

$$e = 1 - (0,95) = 0,05$$

$p \cdot q$ = Desviación estándar, la cual es igual a σ^2

$$p \cdot q = 0,5$$

N	E	z	σ
Total de la población	0,5	1,96	5

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot (1080) \cdot (0,5)^2}{(0,05)^2 \cdot (1080 - 1) + (1,96)^2 \cdot (0,5)^2} = 283,56$$

El tamaño de la muestra es de 283 estudiantes, y se encuestó a 584 estudiantes, una cantidad mayor que la calculada para la muestra. Esto permite que haya mayor confiabilidad y exactitud en los resultados de la encuesta. Para una cantidad de estudiantes encuestados por cada piso correspondiente a los valores que se muestran en la tabla 18 y la Figura 11:

Tabla 18.

Cantidad de estudiantes encuestados por piso.

Total estudiantes en el piso 1	133
Total estudiantes en el piso 2	125
Total estudiantes en el piso 3	181
Total estudiantes en el piso 4	140

Nota: Datos tomados de las encuestas en el bloque 10.

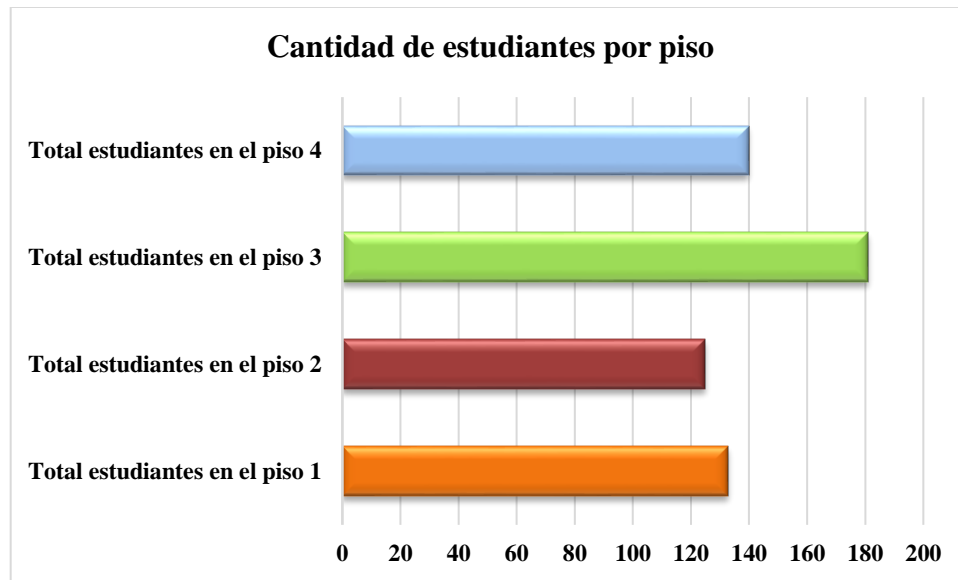


Figura 11. Cantidad de estudiantes que fueron encuestados en cada piso del bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de la cantidad de evaluados por salón del bloque, es de 22 estudiantes. Teniendo presente que en todas las aulas la cantidad de estudiantes que se les aplicó la encuesta pudo variar relativamente. Así mismo, la cantidad de hombres (303) y mujeres (281), pero el género no tuvo influencia en los criterios de percepción y aceptabilidad térmica.

3.4. Relación entre la ubicación de los estudiantes en el aula de clase y su percepción térmica

El clima en la ciudad de Barranquilla por lo general se caracteriza por ser cálido-húmedo, sobre todo en épocas de verano, esto hace que la temperatura promedio oscile entre 28°C a 33°C. Se determinó que la temperatura externa afecta de forma significativa la percepción y satisfacción térmica de los estudiantes, además del consumo energético de los sistemas de ventilación. La investigación de (León, A., y Mijaíl, A., 2018) determinó igualmente que uno de los principales factores que influyen dentro del confort son las condiciones ambientales presentes en la ciudad a partir del mediodía.

Durante la franja horaria de la mañana de 10:30 a.m a 12:30 p.m, en las aulas del bloque 10, los estudiantes manifestaron sentir un clima caluroso en las aulas sin importar su ubicación en el interior, lo que resulta en que su aceptabilidad térmica abarque de aceptable a muy inaceptable. Son muchos los posibles factores para analizar y que podrían ocasionar esta insatisfacción como: El clima externo, el sistema de climatización, la cantidad de ropa, ubicación de la persona y nivel de actividad de los estudiantes en general. En la figura 12, se puede observar la distribución de los estudiantes, ventanas, puertas y equipos en las aulas del bloque 10.

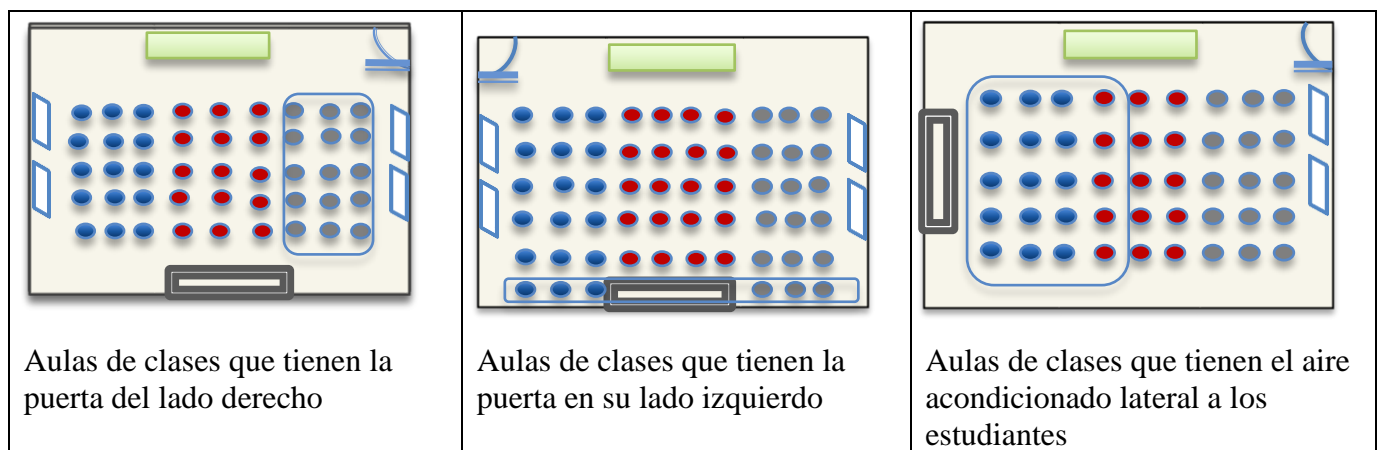


Figura 12. Distribución interna de las aulas de clase en el bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las respuestas emitidas de los educandos, se observó en la mayoría de las aulas de clase, aquellos estudiantes que se encuentra ubicados cerca a la puerta y las ventanas del lado de la entrada al aula de clase, presentan una sensación térmica de calor. En el caso de los estudiantes ubicados en el centro del aula de clase, existen diversos criterios, ya que respondieron que tienen una percepción de caluroso, muy caluroso, ligeramente caluroso y neutral, pero en general está en el lado de percepción de calor.

Se pudo observar que los estudiantes que están más cerca del aire acondicionado, tienen una sensación térmica que va de ligeramente fresco a frío. Estos estudiantes emiten votos de

aceptabilidad térmica entre aceptable y muy aceptable. Sin embargo, los mismo, tienen un riesgo de exposición al frío considerable y en algunos casos su aceptabilidad térmica pasa desde aceptable a muy inaceptable.

Según la ubicación de los estudiantes y equipos en las aulas de clase, se obtuvo que aquellos usuarios que están en las aulas de clase que tienen el aire acondicionado hacia la pared posterior o al fondo del salón (no hay ventanas en esa pared), sienten una sensación térmica aceptable, exponiendo que el clima interno es agradable. Siendo pocos los que calificaron sentirse en discomfort con el clima interno del aula. Este resultado, está en correspondencia con (Kuchen E. et al., 2012) que en su trabajo alcanzó resultados similares al definir que el ángulo de ventilación del equipo de climatización incide en la sensación térmica de los ocupantes, causando menor o mayor confort.

En aulas de clase donde la temperatura en comparación de otros es más baja como 25°C, los estudiantes se sienten frescos o con frío, solamente quienes están cerca de las ventanas y la puerta alcanzan a sentir una sensación térmica neutral y ligeramente fresco. Por ejemplo, las aulas 10303 y 10403.

De acuerdo con las encuestas, el 60% de los estudiantes que estaban ubicados en el área debajo del aire, revelaron una percepción térmica neutral o ligeramente caluroso. Esto se debe en parte, a que el aire muchas veces no tiene un contacto directo con ellos.

El 70% estudiantes más cercanos al sistema de ventilación, generalmente sienten una sensación térmica que va de ligeramente fresco a frío. Los votos de aceptabilidad térmica emitidos por ellos tienen un rango que va de aceptable a muy aceptable. Particularmente algunos tienen una sensación térmica de frío.

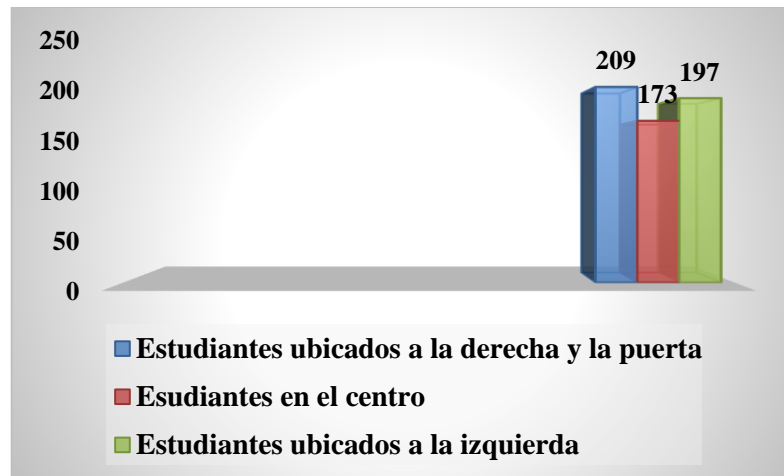


Figura 13. Ubicación de estudiantes según distribución interna dentro de las aulas de clases. Fuente: Elaboración Propia.

3.5. Estatura promedio de los estudiantes encuestados

Se encuestó la estatura a los estudiantes de la Universidad de la Costa, siendo 1,70 m la estatura promedio.

3.6. Características de la vestimenta y su influencia en los criterios de aceptabilidad y percepción térmica

En época de verano, las personas prefieren usar ropa ligera para contrarrestar un poco el calor que hay en los meses cálidos del año. Se apreció en las encuestas que la ropa utilizada por los estudiantes es usada normalmente en climas cálidos como el de Barranquilla y específicamente por los estudiantes de la Universidad de la costa, por tanto, la ropa de mayor uso durante los meses de julio a septiembre es la siguiente:

- Camisa manga corta
- Camisa manga larga
- Camisilla
- Camiseta sin mangas

- Suéter
- Jean
- Pantalones
- Sudadera
- Medias
- Zapatos
- Sandalias

La aceptabilidad térmica con esta vestimenta, fue positiva comportándose desde aceptable a muy aceptable la calificación obtenida. Sin embargo, aquellos estudiantes que llevan puesto camisa manga larga y camisilla debajo de las camisas, describieron sentir una sensación térmica calurosa cuando la temperatura está de 30 °C a 31 °C.

La investigación ya citada de (Gómez C. et al., 2008), realizada en un clima cálido, reafirmó la hipótesis de que las personas prefieren ropa ligera en este clima, al presentar como resultados de sus encuestas que el 86% de las personas en climas cálidos prefieren este tipo de vestuario.

El nivel de Clo. en la ropa es muy importante; influye en la sensación térmica y la aceptabilidad térmica de los estudiantes. Ellos experimentan más confort cuando la prenda de vestir es capaz de mantener la temperatura corporal necesaria en su cuerpo. En climas Cálidos como el de la ciudad de Barranquilla, es esencial tener un nivel de Clo. que no sea demasiado alto en temperaturas altas, de ser así dificulta el confort térmico del estudiante. Si las temperaturas son muy bajas y el nivel de Clo. es muy bajo, los estudiantes se sentirán más propensos a tener frío y estrés térmico. En la encuesta se analizó la relación directa entre la ropa de los usuarios y

sensación térmica, notando el gran impacto que tiene la ropa en el confort térmico de los estudiantes.

3.7. Estimación de la tasa metabólica

La tasa metabólica de los estudiantes se estimó en base a los valores estandarizados que proporciona la norma ASHRAE 55:2013 para distintas actividades como esfuerzo, movimiento, etc. Dentro de estas actividades se encuentran el sentarse y escribir. La población se ajusta a trabajos parecidos que sirvieron de base para la construcción de las tablas en la norma, cuyos valores son muy utilizados generalmente en estudios de confort térmico. En la tabla se muestra la tasa metabólica de los estudiantes en cuanto a la actividad que realizaron.

Tabla 19.

Tabla metabólica según actividad realizada

Actividad	Tasa metabólica w/m²	Met. unidades
Sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	60	1,0
Escribir	60	1,0
De pie con mediana actividad	70	1,2

Nota: Estándares de la tasa metabólica para algunas actividades, proporcionada por la norma ASHRAE 55.

La tabla 19, se basa en los estándares proporcionados por la norma para diferentes actividades, lo que sirve para el cálculo del esfuerzo físico que realizan las personas en determinada actividad. Los valores expuestos en la tabla, nos ayudan a conocer la cantidad de gasto energético muscular experimentado por los estudiantes al desarrollar sus actividades en clases.

3.8. Determinación del índice de aceptabilidad térmica

La ecuación general para saber los índices de cada punto en la encuesta es la siguiente:

$$\% \text{ *Satisfacción* } = \frac{\text{Numero de satisfechos}}{\text{Numero de encuestas}} * 100$$

O para algunos casos:

$$\% (\text{Indicador}) = \frac{\text{Numero de resultados}}{\text{Total del resultado}} * 100$$

Ejemplo:

$$\% \text{ *Muy acceptable* } = \frac{\text{No. de personas que se sintieron muy aceptables}}{\text{Total de encuestas}} * 100$$

3.9. Confort térmico y su la percepción del mismo en los estudiantes del bloque 10

Para la aplicación de las encuestas, se midió con el termohigrómetro la temperatura y porcentaje de humedad externo antes de ingresar a las aulas, la temperatura y porcentaje de humedad interno se tomaron dentro de cada aula de clase. Estas mediciones de temperatura y humedad se realizaron con el propósito de conocer cuáles son las temperaturas en las que los estudiantes se sienten en confort o discomfort térmico (ver tabla 20).

Sensación térmica.

Pregunta de la encuesta aplicada: ¿Cuál es su sensación térmica?

En el resultado, se pudo obtener que en el bloque 10 de la Universidad de la Costa, al momento de realizar las encuestas el mayor porcentaje de estudiantes sentía el ambiente fresco,

aunque hubo un porcentaje mínimo que sintió caluroso el ambiente interior del aula de clase. En la tabla 20 y la Figura 14, se muestra la sensación térmica general que tenían los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad.

Tabla 20.

Sensación térmica de los estudiantes encuestados en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Muy caluroso	Caluroso	Ligeramente caluroso	Neutral	Ligeramente fresco	Fresco	Frío
7%	12%	9%	16%	13%	34%	10%

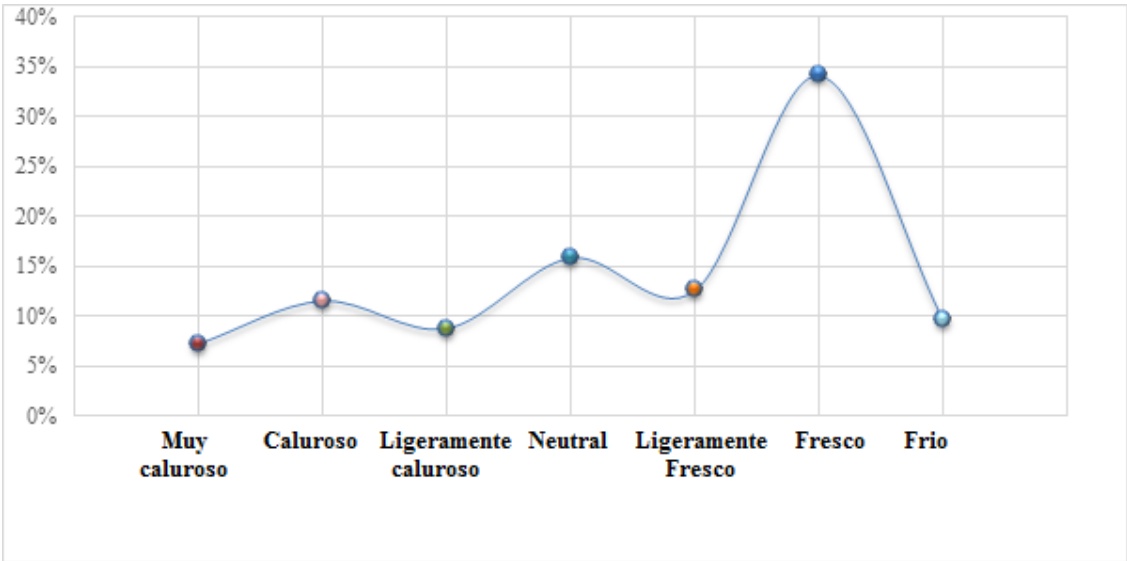


Figura 14. Gráfica de la sensación térmica general del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes del bloque 10, manifestaron en promedio una sensación térmica fresco con un 34%, 16% neutral, 13% ligeramente fresco, 12% caluroso, 10% frío, 9% ligeramente caluroso y 7% muy caluroso, como se observa en la tabla 20. Sin embargo, como se observa en la tabla 21, existe variación en los criterios de los estudiantes cuando se realiza el análisis para cada piso del edificio.

Tabla 21.

Sensación térmica de los estudiantes por cada piso en el bloque 10.

Piso	Muy caluroso	Caluroso	Ligeramente caluroso	Neutral	Ligeramente fresco	Fresco	Frío
1	5%	9%	6%	21%	14%	32%	13%
2	11%	10%	7%	10%	18%	32%	12%
3	7%	11%	8%	18%	10%	38%	8%
4	6%	16%	14%	14%	11%	33%	7%

En el primero piso, los estudiantes en las aulas de clase manifestó sentirse de la siguiente manera: 32% fresco, el 21% neutral, 14% ligeramente fresco y el 13% frío. Los porcentajes más bajos en sensación térmica fueron: 9% caluroso, 6% ligeramente caluroso y 5% muy caluroso. En general, según se observa en la Figura 15, la sensación térmica fue satisfactoria mostrando sentirse frescos en la mayoría de las aulas de clase y neutralidad con el ambiente.

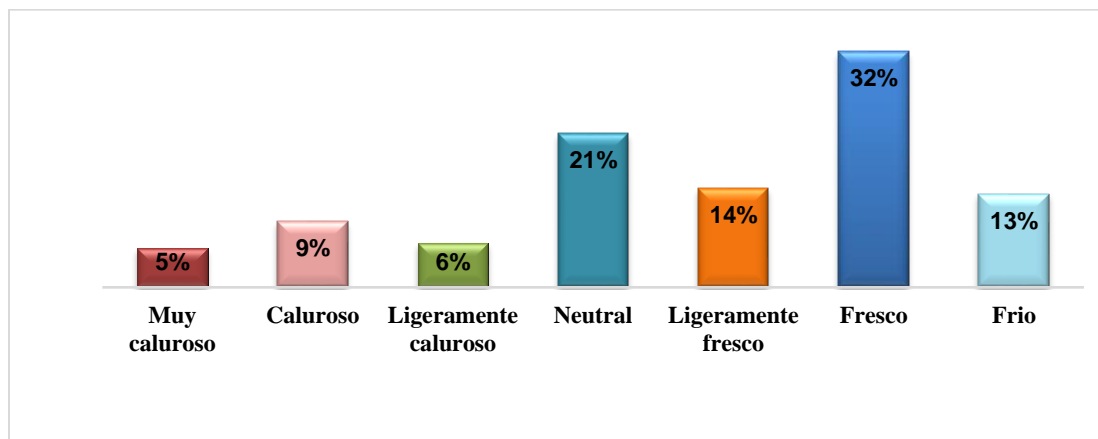


Figura 15. Sensación térmica en el piso 1 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En el segundo piso, los estudiantes se sintieron en promedio de la siguiente manera: 32% frescos, 18% ligeramente fresco, el 12% frío, el 11% muy caluroso, el 10% caluroso, 10% neutral y 7% ligeramente caluroso. Los porcentajes que se obtuvieron fueron muy variables, como se observa en la tabla 16.

Sin embargo, la mayoría se siente en un ambiente fresco y ligeramente fresco. Un bajo porcentaje de personas mostró sentir neutralidad con el ambiente térmico. Considerablemente, parte de estudiantes de este piso sintió un clima entre muy caluroso y ligeramente caluroso.

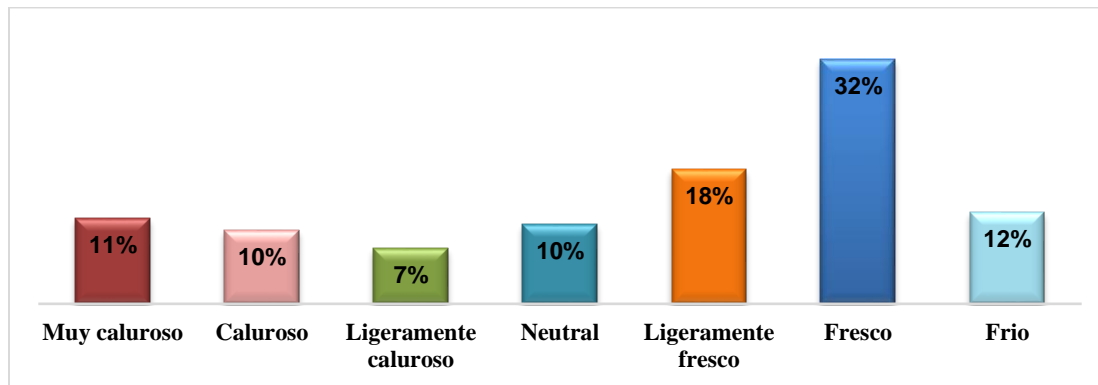


Figura 16. Sensación térmica en el piso 2 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En el tercer piso, como se muestra en la Figura 17, la sensación térmica fue: 38% fresco, 18% Neutralidad, 11% caluroso, 10% ligeramente fresco, 8% ligeramente caluroso, 8% frío y 7% muy caluroso. La sensación térmica general en este piso es fresco y seguido neutral. Los resultados mostraron que muy poco porcentaje de estudiantes sintieron calor y frío.

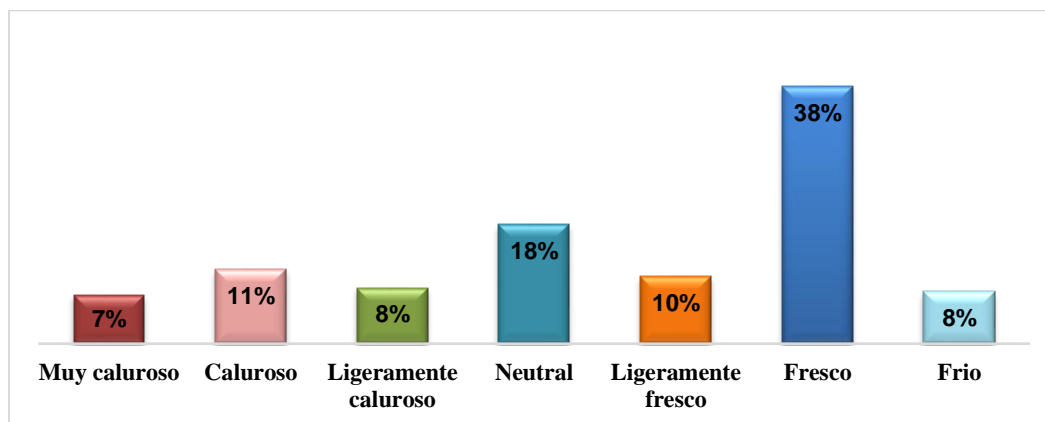


Figura 17. Sensación térmica en el piso 3 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

El cuarto piso, al observar la Figura 18 se identifica que la sensación térmica fue: 33% fresco, 16% caluroso, 14% neutral, 14% ligeramente caluroso, 11% ligeramente fresco, 7% frío y 6% muy caluroso. El mayor porcentaje lo obtuvo una sensación térmica fresco, lo que, muestra que este piso en general obtuvo una percepción térmica fresca de parte de los estudiantes. El 14% manifestó sentirse neutral, es decir en completo confort térmico. Otros mostraron que sintieron calor en las aulas de clase.

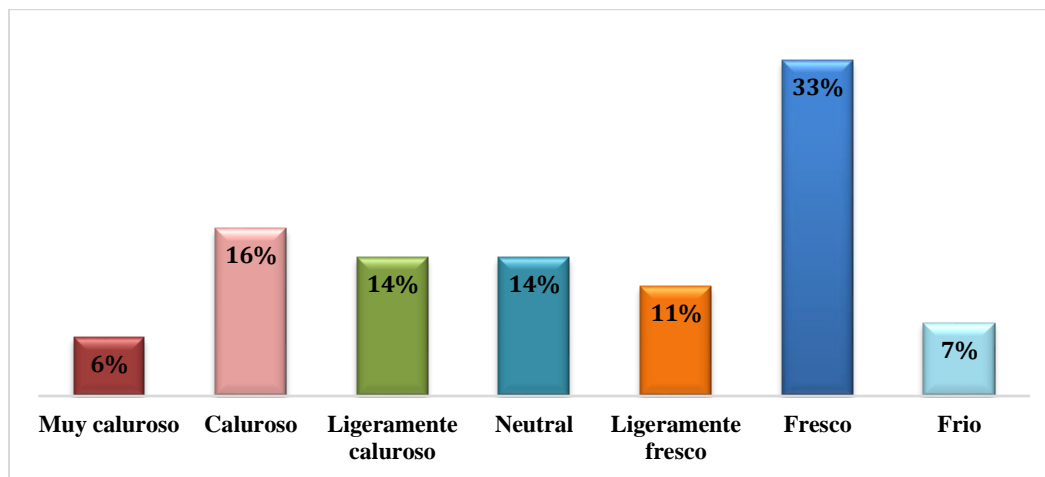


Figura 18. Sensación térmica en el piso 4 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

Aceptabilidad térmica.

Enunciado de la encuesta aplicada: Describa su aceptabilidad térmica.

En el bloque 10, los estudiantes en promedio manifestaron los siguientes criterios de aceptabilidad térmica: 27% aceptable, 25% claramente aceptable, 20% no del todo aceptable, 15% muy aceptable, 7% no del todo inaceptable, 4% claramente inaceptable y 3% muy inaceptable. En la tabla 22, se muestra la aceptabilidad térmica promedio dada por los estudiantes encuestados en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Tabla 22.

Aceptabilidad térmica de los estudiantes encuestados en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Muy aceptable	Claramente aceptable	No del todo aceptable	Aceptable	No del todo inaceptable	Claramente inaceptable	Muy inaceptable	Total
15%	25%	20%	27%	7%	4%	3%	100%

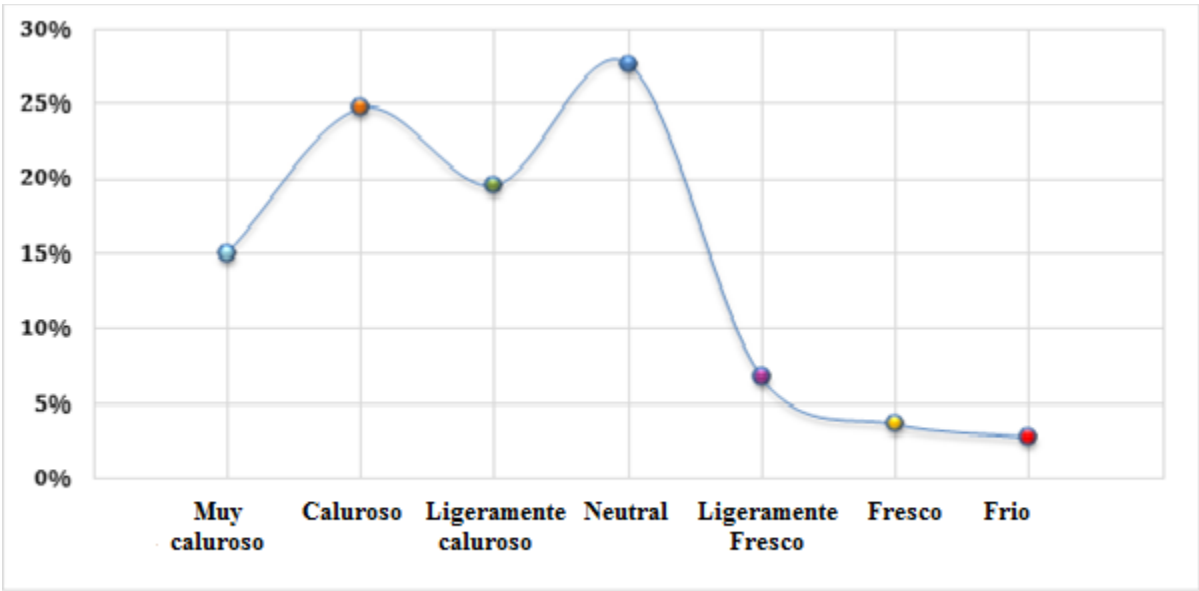


Figura 19. Aceptabilidad térmica general del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23, se puede observar existe variación en los criterios de los estudiantes en relación con la aceptabilidad térmica cuando se realiza el análisis para cada piso del edificio.

Tabla 23.

Aceptabilidad térmica de los estudiantes por piso en el bloque 10.

Piso	Muy aceptable	Claramente aceptable	No del todo aceptable	Aceptable	No del todo inaceptable	Claramente inaceptable	Muy inaceptable
1	13%	25%	23%	32%	4%	3%	1%
2	20%	31%	20%	20%	1%	4%	4%
3	16%	23%	18%	29%	7%	4%	2%
4	11%	21%	17%	29%	14%	4%	4%

Como se puede observar en la Figura 20, en el primer piso, la aceptabilidad térmica fue: 32% aceptable, 25% claramente aceptable, 23% no del todo aceptable, 13% muy aceptable, 4% no del todo inaceptable, 3% claramente inaceptable y 1% muy inaceptable. Los porcentajes más altos fueron los de aceptabilidad térmica aceptable y claramente aceptable. En total el 93% de los estudiantes tuvo una aceptabilidad satisfactoria con el ambiente térmico.

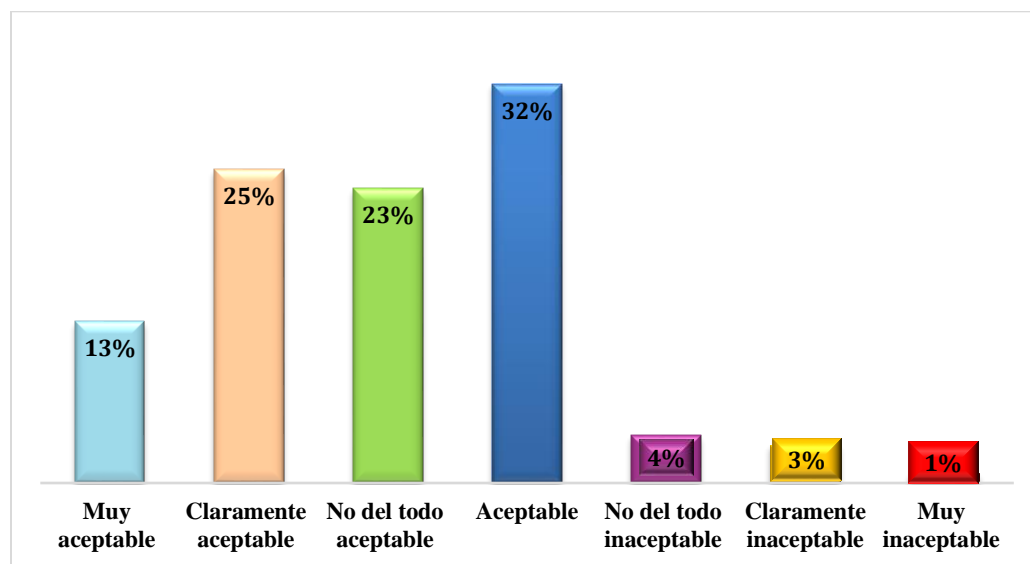


Figura 20. Aceptabilidad térmica en el piso 1 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En el segundo piso, la aceptabilidad térmica como se observa en la Figura 21, fue la siguiente: 31% claramente aceptable, 20% muy aceptable, 20% aceptable, 20% no del todo

aceptable, 4% claramente inaceptable, 4% muy inaceptable y 1% no del todo inaceptable. La aceptabilidad térmica más alta fue la de claramente aceptable. Esto nos indica que el 92% de estudiantes tuvo una aceptabilidad térmica satisfactoria.

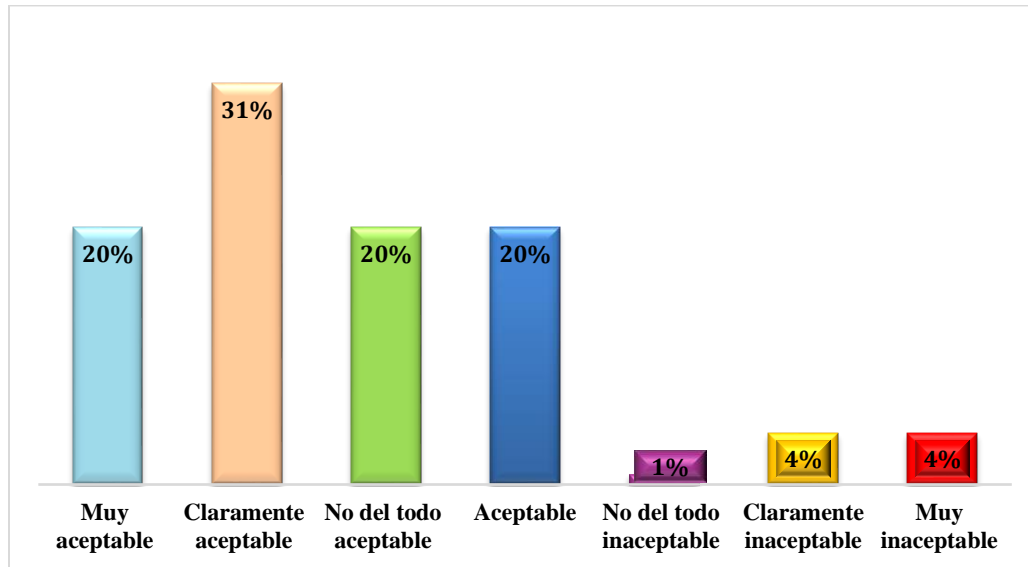


Figura 21. Aceptabilidad térmica en el piso 2 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En el tercer piso, la aceptabilidad térmica, según Figura 22, fue la siguiente: 29% aceptable, 23% claramente aceptable, 18% no del todo aceptable, 16% muy aceptable, 7% no del todo inaceptable, 4% claramente inaceptable y 2% muy inaceptable. La aceptabilidad térmica más alta fue de aceptable y la más baja de muy inaceptable. De forma global en el piso, el 86% está dentro del rango de satisfacción térmica.

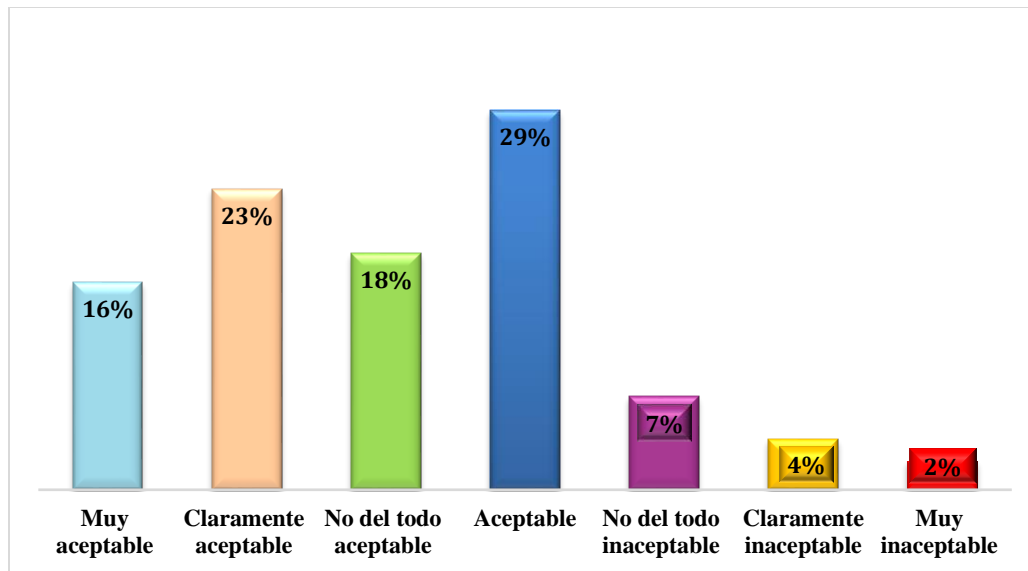


Figura 22. Aceptabilidad térmica en el piso 3 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

En el cuarto piso, la aceptabilidad térmica fue de 29% aceptable, 21% claramente aceptable, 17% no del todo aceptable, 14% no del todo inaceptable, 11% muy aceptable, 4% claramente inaceptable y 4% muy inaceptable. Estos porcentajes, que muestra la Figura 23, indican que la aceptabilidad térmica dentro del rango satisfactorio fue del 78%. Sin embargo, el porcentaje de personas insatisfechas con el ambiente térmico fue del 22%

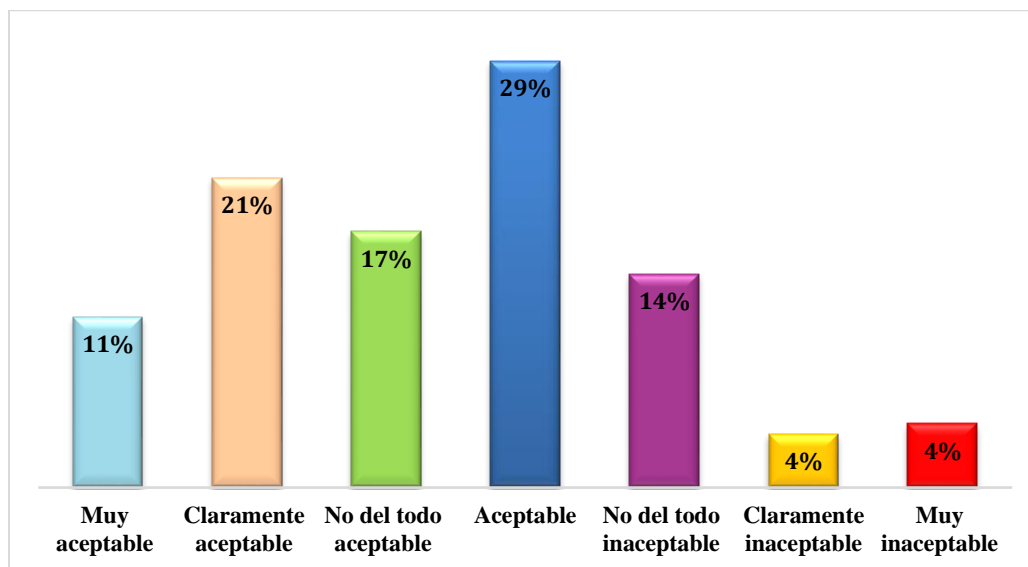


Figura 23. Aceptabilidad térmica en el piso 4 del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

3.10. Sensación y aceptabilidad térmica de los estudiantes encuestados en cada aula de clase del bloque 10

Sensación Térmica.

Cuando se realizó el análisis de las encuestas aplicadas a los estudiantes en cada aula de clase, se pudo determinar que existen criterios diversos de sensación térmica por cada salón y piso del edificio donde se encontraba el estudiante al ser encuestado. La sensación térmica que los estudiantes manifestaron tener en las aulas del bloque 10 de la Universidad, según la tabla 24, es la siguiente:

Tabla 24.

Sensación térmica de los estudiantes en cada aula de clase del bloque 10.

Salón	Muy caluroso	Caluroso	Ligeramente caluroso	Neutral	Ligeramente fresco	Fresco	Frío
10101	0%	30%	10%	0%	10%	40%	10%
10102	8%	8%	0%	40%	12%	20%	12%
10103	11%	17%	17%	17%	14%	25%	0%
10104	0%	0%	0%	27%	9%	50%	14%
10105	0%	0%	7%	0%	14%	21%	57%
10106	4%	4%	0%	23%	19%	42%	8%
10201	29%	14%	14%	14%	14%	14%	0%
10202	0%	4%	4%	7%	15%	37%	33%
10203	8%	4%	4%	0%	33%	38%	13%
10204	43%	36%	21%	0%	0%	0%	0%
10205	10%	5%	5%	10%	10%	52%	10%
10206	0%	0%	0%	67%	0%	17%	17%
10207	8%	12%	8%	15%	27%	31%	0%
10301	3%	6%	27%	33%	9%	21%	0%
10302	0%	10%	0%	30%	10%	30%	20%
10303	0%	0%	0%	6%	12%	55%	27%
10304	0%	3%	6%	13%	13%	58%	6%
10305	24%	19%	0%	19%	0%	33%	5%
10306	32%	16%	0%	5%	5%	42%	0%
10307	3%	26%	12%	21%	15%	24%	0%
10401	12%	24%	20%	16%	0%	28%	0%
10402	11%	17%	29%	20%	6%	17%	0%

10403	0%	13%	9%	9%	16%	41%	13%
10404	0%	0%	0%	0%	0%	67%	33%
10405	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
10406	0%	23%	4%	15%	23%	27%	8%
10407	9%	9%	0%	9%	18%	27%	27%

En la Figura 24, se puede observar, el porcentaje de estudiantes que se sintieron en confort térmico por cada aula de clase del bloque 10 de la Universidad de la Costa.

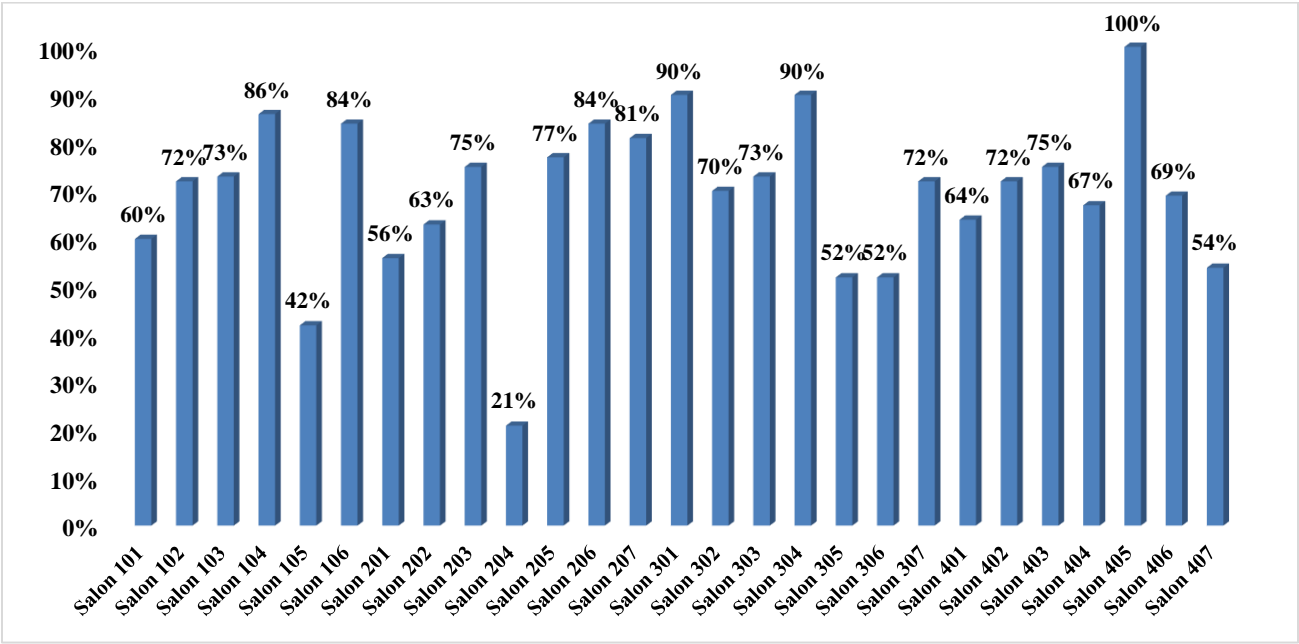


Figura 24. Porcentaje de estudiantes que sintieron confort térmico en cada aula de clase del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis por aulas de clase se pudo determinar que:

En el aula 101, los usuarios generalmente sintieron un clima fresco, pero por otro lado el porcentaje de personas que sintieron el clima caluroso fue considerable. Nadie manifestó sentir neutralidad en el ambiente térmico, por tanto completo confort; sin embargo el 60% se sintió en confort térmico

El 72% de estudiantes en el aula 102 apreció confort térmico, mostrando sentirse a gusto con el clima interior. Muy pocos declararon sensación de calor y frío.

En este aula 103 los estudiantes se sintieron frescos con el clima interior, siendo el mayor porcentaje en las encuesta con un 25%. El 17% estuvo en completo confort térmico. El 73% manifestó sentirse satisfecho con el clima interior. Por lo que se puede decir que esta aula de clase es bastante fresca.

En el aula 104, el 50% tuvo una sensación térmica fresca, seguidamente con un 27% neutral. Nadie manifestó sentir calor en el interior; solo el 14% sintió frío. Estos porcentajes muestran que el 86% estaba en confort térmico.

El 57% de estudiantes sintió frío en el aula 105, otros se sintieron frescos y no hubo quienes sintieran neutralidad ni mucho calor. El 42% dijo sentir confort térmico.

La sensación térmico fresco fue la más alta en el aula 106, luego sigue la sensación neutral y por último la ligeramente fresco, esto muestra que el 84% se sintió en confort. Solo el 16% sintió discomfort.

En aula 201, el ambiente es bastante caluroso, con un porcentaje mayor de 29%. El 56% se sintió a gusto con el clima, es decir en confort térmico.

En el aula 202, el porcentaje mayor de sensación térmica es fresco con un 37% frío con un 33%. Muy pocos estudiantes revelaron sentir una percepción calurosa dentro de clases. El 63% expresó sentirse en confort.

Según los datos del aula 203, el mayor porcentaje de sensación térmica es fresco, luego se encuentra ligeramente fresco, lo que nos quiere decir que el 71% de estudiantes sintió el ambiente fresco, manifestando confort térmico. En total el 75% estuvo en confort térmico

En el aula 204 más del 90% dijo tener una sensación térmica entre ligeramente caluroso y muy caluroso. El 21% sintió algo de confort térmico

Se observa que en el aula 205, el 52% de estudiantes sintió un ambiente fresco, el 10% neutralidad, 10% frío y el 20% sintió calor. En base a los datos obtenidos el 77% estaba en confort térmico en el aula de clase.

El 67% de estudiantes del aula 206, mostró sentirse en confort térmico, el 17% fresco y el 17% frío. La sensación térmica general fue satisfactoria con un 84%.

Para el aula 207, La sensación térmica que más dijeron los estudiantes fue fresco con un 31%, seguido de ligeramente fresco con 27% y neutral 15%. El 81% reflejó sentirse satisfecho con la temperatura interior.

En el aula 301, la sensación térmica más escogida por los estudiantes fue la neutral con un 33%, ligeramente caluroso con un 27% y un 21% fresco. El 90% se clasificó en confort térmico.

En el aula 302, los porcentajes de sensación térmica fresca y neutral fueron los más altos cada uno con un 30%, 10% caluroso y el 20% dijo sentir frío. En conclusión, el 70% estuvo dentro del rango en confort térmico.

El 55% tuvo una sensación térmica fresco en el aula 303, el 27% sintió frío y el 12% manifestó sentirse ligeramente fresco. Nadie reveló sentir calor, sin embargo, gran parte de los estudiantes sintieron frío durante su estancia. El porcentaje de confort térmico fue del 73%.

En el 304, el 58% de las personas en esta aula de clase, mostraron sentirse fresco a una temperatura de 24°C, el 13% dijo estar ligeramente fresco y el 13% neutral. Muy pocos sintieron frío y calor. El 90% sintió confort térmico.

En el 305, tenemos que el 33% dijo estar fresco en el aula de clase, el 24% muy caluroso, el 19% caluroso y el 19% neutral. Solo el 5% llegó a sentir fresco y nadie se sintió ligeramente caluroso ni ligeramente fresco. El 52% dijo sentirse satisfecho y en confort con el ambiente térmico.

La mayor sensación térmica que se sintió en el aula 306, fue fresco con un 42%, el 32% muy caluroso y el 16% caluroso. Solo el 5% se sintió neutral y ligeramente fresco. En general el 52% reveló estar en confort en el aula de clase.

En el aula 307, el 26% consideró sentir calor, el 24% siente fresco, 21% neutral, 15% ligeramente fresco, 12% ligeramente caluroso, 3% muy caluroso y nadie dijo sentir frío. El 72% se encontró en confort térmico.

En el 401 el 28% tenía una sensación térmica fresco, el 24% caluroso, 20% ligeramente caluroso, 16% neutral y 12% muy caluroso. Nadie sintió frío en el aula de clase. El 36% dijo sentirse caluroso. El 64% se encontró en confort térmico.

En el aula 402, la sensación térmica más alta fue ligeramente caluroso con 29%, luego neutral con 20%, 17% fresco y 17% caluroso. Nadie dijo sentir frío, Debido a la temperatura de 28,5°C. Sin embargo la sensación general del confort térmico fue de 72%.

El aula 403 presentó que el 41% de los ocupantes escogieron una sensación térmica fresco, 16% ligeramente fresco, 13% frío y 13% caluroso. Solo el 9% indicó sentir neutralidad térmica. El 75% expresó estar en confort térmico.

En el aula 404, el 67% de estudiante de este salón opinó sentir fresco en su estancia de clases y el 33% colocó en la encuesta sentirse con frío. Entonces, se considera que el 67% se encontró en confort térmico, al estar satisfechos con la temperatura interior.

Todos manifestaron estar en una sensación térmica de fresco en el aula 405. Por tanto, el 100% indicó estar sensación de confort térmico.

En el 406, el 50% de los estudiantes sintió fresco, el 15% estuvo en neutralidad térmica y el 27% sintió la temperatura fresco. El 69% de los ocupantes se sintió en confort térmico.

Por último el aula 407, se caracterizó por ser bastante fresco, los datos indicaron que el 27% sintió fresco, el 27% frío, el 18% ligeramente fresco y el 9% neutral. El 54% de los estudiantes estuvo en confort térmico.

Aceptabilidad Térmica.

Cuando se realiza el análisis de las encuestas aplicadas a los estudiantes en cada aula de clase, se pudo determinar que existen criterios diversos de confort y discomfort por cada salón y piso del edificio donde se encontraba el estudiante al ser encuestado. La tabla 25 muestra que la aceptabilidad térmica que los estudiantes en el bloque 10 manifestaron es la siguiente:

Tabla 25.

Aceptabilidad térmica de los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa

Salón	Muy aceptable	Claramente aceptable	No del todo aceptable	Aceptable	No del todo inaceptable	Claramente inaceptable	Muy inaceptable
10101	0%	20%	70%	10%	0%	0%	0%
10102	20%	32%	12%	16%	8%	8%	4%
10103	8%	28%	19%	36%	6%	3%	0%
10104	18%	9%	18%	45%	5%	5%	0%
10105	14%	29%	21%	29%	7%	0%	0%
10106	12%	27%	23%	38%	0%	0%	0%
10201	0%	14%	14%	43%	0%	0%	29%
10202	37%	26%	15%	19%	0%	4%	0%
10203	21%	42%	17%	17%	0%	4%	0%
10204	36%	14%	7%	21%	0%	7%	14%
10205	0%	29%	33%	29%	5%	5%	0%
10206	0%	67%	33%	0%	0%	0%	0%
10207	19%	35%	23%	15%	0%	4%	4%
10301	27%	18%	12%	27%	9%	6%	0%
10302	20%	30%	20%	30%	0%	0%	0%
10303	12%	33%	21%	27%	3%	0%	3%
10304	10%	19%	35%	23%	10%	3%	0%
10305	29%	38%	14%	19%	0%	0%	0%
10306	16%	11%	5%	32%	16%	11%	11%
10307	6%	18%	15%	44%	9%	6%	3%
10401	8%	20%	8%	44%	12%	4%	4%
10402	3%	14%	11%	29%	26%	11%	6%
10403	19%	13%	25%	25%	13%	0%	6%
10404	33%	33%	33%	0%	0%	0%	0%
10405	13%	50%	38%	0%	0%	0%	0%
10406	12%	27%	19%	31%	12%	0%	0%
10407	18%	27%	9%	27%	9%	0%	9%

Como se observa en la Figura 25, el mayor número de estudiantes expresan una buena aceptabilidad en la mayoría de las aulas de clases del bloque 10.

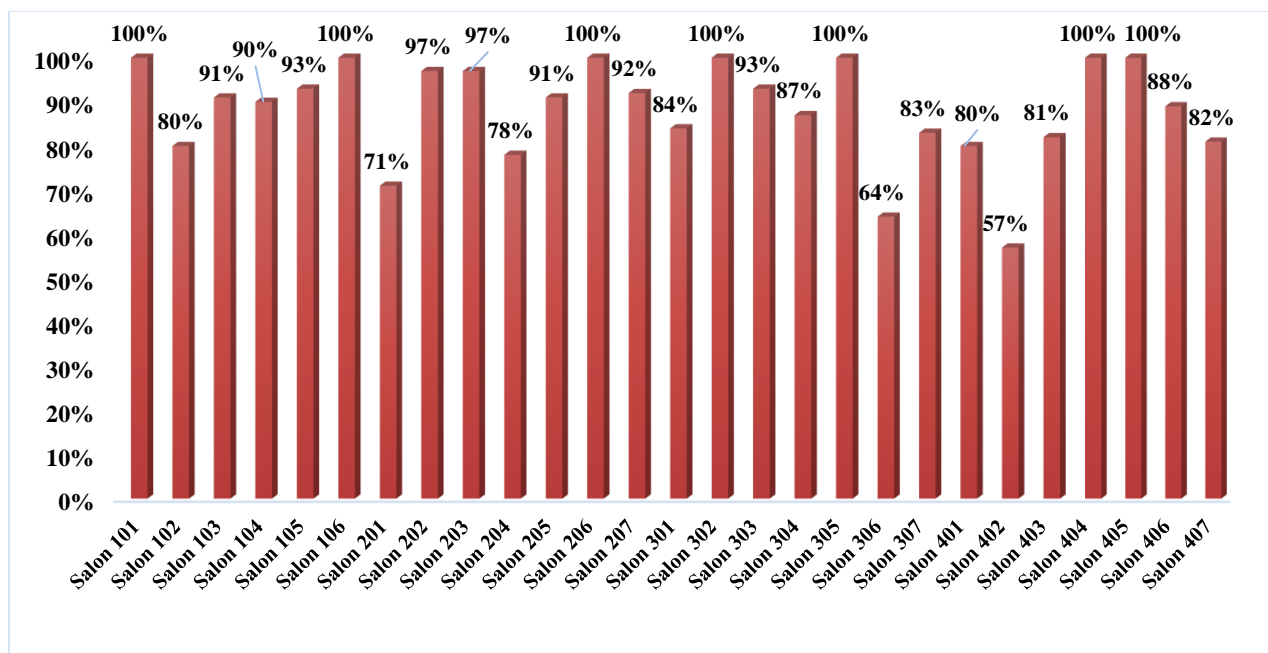


Figura 25. Porcentaje de estudiantes que sintieron confort térmico en cada aula de clase del bloque 10. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis por aulas de clase se pudo determinar que:

Según los votos emitidos por los estudiantes en el aula 101, el rango de aceptabilidad térmica satisfactoria es del 100%.

Como muestra la gráfica el porcentaje aceptabilidad térmica en el aula 102 fue del 80% satisfactoria y 20% insatisfactoria.

En el aula 103, la aceptabilidad térmica satisfactoria es del 91%, por lo que quiere decir que la mayoría tiene una percepción aceptable del ambiente térmico.

En el aula 104, el 90% manifestó tener una aceptabilidad térmica aceptable y solo el 10% inaceptable.

En el aula 105, el rango de aceptabilidad térmica emitido es del 93%, solo el 7% dijo estar en una aceptabilidad térmica insatisfactoria.

El 100% de los estudiantes del aula 106, está dentro del rango de aceptabilidad térmica satisfactoria, incluyendo la sensación térmica aceptable.

En el aula 201, los estudiantes dijeron tener una aceptabilidad satisfactoria térmica de 71% y 29% la insatisfactoria.

Las personas en el salón 202, revelaron tener una aceptabilidad térmica de 97%. Solo el 3% tuvo una aceptabilidad térmica insatisfactoria.

En el 203, el 97% tuvo una aceptabilidad térmica satisfactoria, solamente el 3% se sintió insatisfecho con la temperatura del aula de clase.

Los estudiantes del aula 204, de forma colectiva sintieron una aceptabilidad térmica satisfactoria del 78%. El 22% concibió una aceptabilidad térmica inaceptable.

El 91% de los estudiantes del aula 205, tiene una percepción térmica satisfactoria, solo el 9% mostró estar insatisfecho con la temperatura interior.

En el aula 206, la aceptabilidad térmica satisfactoria fue del 100%, esto indica que todos los estudiantes se sintieron cómodos con el clima interior.

El 92% de los estudiantes del aula 207, siente una aceptabilidad térmica satisfactoria, solo el 8% manifestó sentirse con insatisfacción.

La aceptabilidad térmica satisfactoria en esta aula 301, es del 84%, mostrando esto un alto estado de confort térmico. El 16% se encuentra en aceptabilidad térmica insatisfactoria.

En el aula 302, la aceptabilidad térmica de los estudiantes fue del 100% satisfactoria con la temperatura interior.

En el aula 303, el 93% de los estudiantes señaló sentir una satisfacción térmica dentro del rango satisfactorio y aceptable. Solamente el 7% dijo sentirse insatisfecho.

En el aula 304, la aceptabilidad térmica positiva fue del 87% y solo el 13% apuntó sentirse insatisfecho.

La aceptabilidad térmica para el aula 305 fue muy satisfactoria y con buenos resultados, debido a que el 100% emitió votos dentro del rango de aceptabilidad. Nadie reveló una aceptabilidad negativa.

En el aula 306, el 64% estuvo en una aceptabilidad positiva, pero el 36% no estuvo de acuerdo en sentirse satisfecho con la temperatura interior. Para muchos la aceptabilidad estuvo en aceptable.

La aceptabilidad térmica del aula 307 fue bastante buena, debido a que el 83% está dentro rango de aceptabilidad térmica satisfactoria y el 17% insatisfactoria. El porcentaje más alto acá fue aceptable.

En el 401 el 80% voto una aceptabilidad térmica satisfactoria dentro del rango que se acepta como positivo, el 20% se sintió insatisfecho.

La aceptabilidad térmica negativa en el aula 402 fue bastante significativa, con un 43% de estudiantes insatisfechos con la temperatura interior. Sin embargo, el 57% entró en el rango de aceptabilidad satisfactoria.

En el 403, el 81% de estudiantes tuvo una buena aceptabilidad térmica, el 19% aceptabilidad térmica poco cómoda.

En el aula 404, nadie expresó sentirse dentro del rango de insatisfacción térmica. Se tiene en cuenta, que no del todo aceptable, tuvo un porcentaje de 33%.

En la siguiente aula 405, los estudiantes en totalidad sintieron una aceptabilidad térmica aceptable, ninguno colocó sentirse en aceptabilidad térmica insatisfactoria.

En el aula 406, el 88% describió una aceptabilidad térmica buena y el 12% no aceptable.

Por último, en el aula 407, el 82% de los estudiantes describió en la encuesta sentir una aceptabilidad térmica positiva para el rango aceptable de confort térmico. El 18% señaló no sentir una aceptabilidad térmica favorable.

3.11. Determinación del rango de temperatura donde los estudiantes del bloque 10 de la Universidad de la Costa, sienten confort térmico

En la tabla 26, se pueden encontrar los porcentajes de sensación térmica general de acuerdo a los rangos de temperaturas medidas con el termo-higrómetro.

Tabla 26.

Sensación térmica por rangos de temperaturas medidos en cada aula de clase.

Aulas de clase	Temperatura interior	Muy caluroso	Caluroso	Ligeramente caluroso	Neutral	Ligeramente fresco	Fresco	Frío
10105	20°C-21,7°C	0%	0%	4%	0%	7%	61%	29%
10405								
10405	23,6°C	4%	4%	0%	23%	19%	42%	8%
10101	24°C-24,7°C	7%	9%	10%	14%	14%	39%	7%
10104								
10201								
10203								
10205								
10301								
10304								
10102	25°C- 25,9 °C	10%	12%	4%	14%	8%	34%	17%
10204								
10302								
10303								
10305								
10403								
10404								
10407								
10103	26°C-26,8	6%	14%	10%	24%	12%	27%	8%
10202								
10206								
10207								
10307								
10401								
10306	27,7°C-28,5°C	14%	19%	11%	14%	11%	29%	3%
10402								
10406								

Nota: Porcentajes de sensación térmica obtenidos en varias temperaturas.

Los porcentajes de sensación de confort térmico según los rangos de temperaturas interiores medidos para el total de estudiantes encuestados en el bloque 10, muestran que se encuentra en el rango de 23 y 25 °C, como se observa en la figura 26, a continuación:

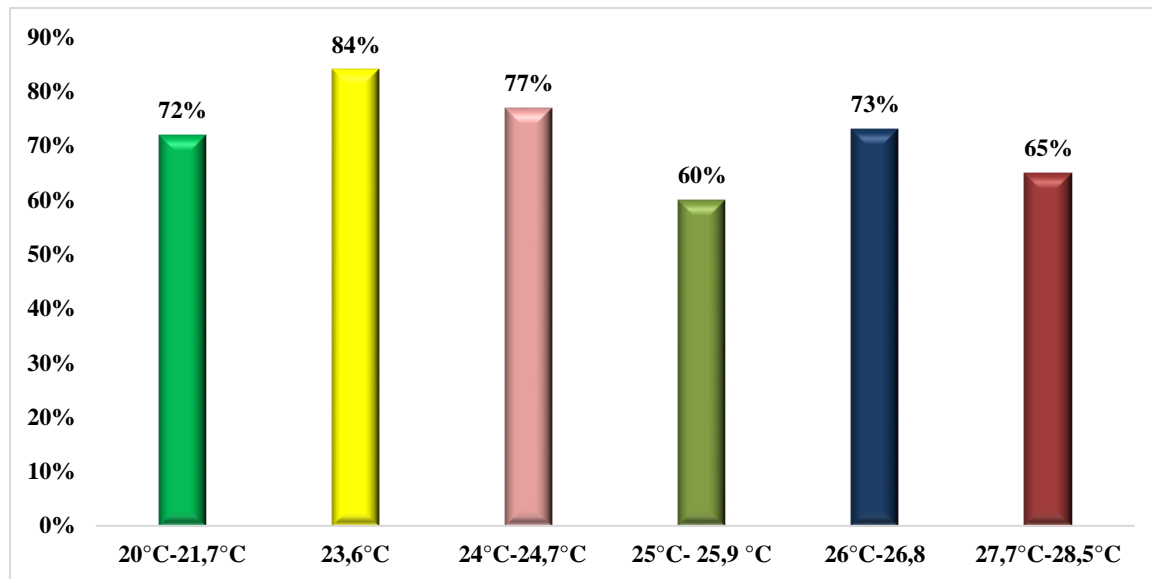


Figura 26. Porcentajes de estudiantes que sienten confort térmico, según el rango de temperatura medido al momento de realizar la encuesta. Fuente: Elaboración propia.

En el rango de temperatura interior de 20°C - 21,7°C, como promedio el 72% estuvo en una sensación de confort térmico. En estas temperaturas el 29% siente frío, es decir están en disconfort térmico. Bajo la temperatura interior de 23,6°C, el 84% dijo estar en confort térmico y el 16% en disconfort térmico, esto indica que es una temperatura adecuada para que los estudiantes se sientan bien dentro de las aulas de clase.

En la temperatura de 24°C a 24,7°C, el resultado fue que el 77% obtuvo confort térmico y el 23% disconfort térmico. Este porcentaje reflejó que gran parte de estudiantes se sintió agradable en estas temperaturas.

Las aulas de clase que experimentaron una temperatura interior de 25°C a 25,9 °C tuvieron como respuesta el 60% de satisfacción termica por parte de los estduiantes y el 40% disconfort térmico. Esto es muy positivo, debido a que la mitad del aula dijo sentirse cómoda.

En la temperatura comprendida de 26°C a 26,8°C, el 73% respondió tener una sensación de confort y el 27% discomfort térmico. El 20% reveló sentir calor y el 8% frío.

Por último, la temperatura interior oscilada entre 27,7°C a 28,5°C; el promedio de confort térmico fue del 65% y el 35% discomfort térmico. Este discomfort abarcó las sensaciones del 3% frío y el 32% entre caluroso y muy caluroso.

Entre más alta es la temperatura interna del aula de clase, menor es el porcentaje de estudiantes que se sienten frescos.

Conclusiones

El interés de valorar el confort térmico se ha hecho cada día más importante, esto con el objetivo de lograr que las personas sientan más confortables con el clima. Cuando un lugar es acogedor y confortable, menos son los riesgos para su salud y afectación personal por el frío o calor excesivo, lo cual genera condiciones ambientales ideales en un interior. Los ambientes térmicos inadecuados ocasionan efectos negativos como la reducción del rendimiento físico y mental, baja productividad, irritabilidad, incremento de agresividad, distracciones, incomodidades y aumento o disminución de la frecuencia cardíaca.

Las metodologías más conocidas para evaluar la percepción de confort térmico son: Modelo estándar, modelo adaptativo y el modelo adaptativo variable. Estos modelos buscan resolver los problemas de climatización a partir del estudio de las condiciones térmicas y lograr un equilibrio térmico. El modelo de Fanger usado por la norma ASHRAE 55, es uno de los más comúnmente utilizados por los investigadores y se ha demostrado que es ideal para evaluar entornos cerrados cuando los ocupantes están expuestos a largas horas dentro del edificio.

Para el estudio se seleccionó el Bloque 10 de la Universidad de la Costa. La aplicación de las encuestas determinó el estado de percepción térmica de los estudiantes y se les preguntó datos como su ubicación, vestimenta, tasa metabólica, temperatura y humedad en el interior de cada aula. La evaluación se hizo en época de verano en los meses de julio a septiembre, en una franja horaria de 10:30 a.m a 12:30 p.m., con un tamaño de muestra de 579 estudiantes incluidos hombres y mujeres, con estatura promedio de 1,70m.

Los resultados mostraron que la sensación térmica para el bloque 10, fue favorable con un 72% de sensación térmica aceptable, no llegando al 80% como lo establece la norma ASHRAE. El 28% no se sintió en confort con el clima interior de las aulas de clase. Este último porcentaje,

abarca sensaciones de frío y calor térmico. El piso con mejor sensación térmica fue el piso 3 con un 74%, luego el primer piso con un 73% de votos clasificados como confort, contrario a esto, el piso con menor porcentaje de sensación térmica de confort fue el piso 2 con un 67% y 33% de sensación térmica de discomfort.

En su mayoría todas las aulas de clase superaron el 50% de confort térmico. La de mayor porcentaje fue la 405 con un 100% de sensación térmica de confort. El aula con menor porcentaje fue la 204 con solo el 21%. En la escala evaluada, el criterio de sensación térmica que más señalaron los estudiantes fue fresco.

En la aceptabilidad térmica del bloque 10, las encuestas arrojaron como resultado que el 87% acepto de forma satisfactoria el clima interior de las aulas de clase. Cerca de 13% dijo tener una aceptabilidad insatisfactoria. La mayor aceptabilidad térmica satisfactoria la tuvo el primer piso con un 92%, seguido del segundo piso con un 91%. El piso 4 tuvo el menor porcentaje de insatisfacción con 78%.

La aceptabilidad térmica de las aulas de clase supera en su mayoría el 60% de aceptabilidad. Se destacan las aulas de clase que arrojaron el 100% de satisfacción térmica, que son las aulas: 101, 106, 206, 302, 305, 404 y 405. El porcentaje menor fue del aula 402, con un 57%. Cabe resaltar que la mayor aceptabilidad fue la denominada “aceptable” por los estudiantes.

La temperatura interna fue clave en la percepción del confort térmico que tuvieron los estudiantes. Por esto, es importante precisar que el rango de temperatura interior con el mayor porcentaje expresado de confort térmico fue la temperatura de 23,6°C, con un 84% de confort térmico. Siendo esta temperatura con los resultados de mayor aceptación por los estudiantes del bloque 10. La temperatura de menor porcentaje de confort térmico fue de 25°C a 25,9 °C, con un 60%. Por tanto, se puede considerar que el rango de temperatura operativa entre 23 y 24 °C, fue la

más favorable para garantizar confort térmico en el mayor porcentaje de estudiantes que utilizan el Bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Referencias

- Adames, G. A. M., & Álvarez, M. C. G. (2012). Problemas de Confort Térmico en Edificios de Oficinas. Caso Estudio: Torre Colpatría en la Ciudad de Bogotá.
- Arango Vásquez, J. P. (2017). *Estrategias energéticas aplicables a la administración de edificaciones residenciales y comerciales en Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).
- Arballo, B. D., Kuchen, E., Alamino-Naranjo, Y., & Alonso-Frank, A. (2016). Evaluación de modelos de confort térmico para interiores. In *de VIII Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura—CRETA, Islas Malvinas*.
- Armendáriz, P. (2001). Evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD.
- ASHRAE, A. (2013). ASHRAE/IES standard 55-2013, thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Air-Conditioning and Refrigeration Engineers, Inc, Atlanta
- Avelar Melgar, F. A., Castaneda Nolasco, S. E., & Martínez López, D. S. (2015). Estudio de estrés térmico en los ambientes laborales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Balbis-Morejón, M. (2010). Caracterización energética y ahorro de energía en instituciones educativas. Barranquilla: Educosta.

- Balbis-Morejón, M., Tovar-Ospino, I., Castro-Peña, J. J., Cardenas, Y. (2017). Evaluación energética del sistema bombeo de un esquema de climatización con enfriadoras de agua para un edificio educativo utilizando simulación dinámica. *Revista ESPACIOS*, 38(58).
- Barros-Alvarez, M., Balbis-Morejon, M., Tovar-Ospino, I., Castro-Peña, J. J., Leon-Siado, L., Silva-Ortega, J. I., Rosales, Dora (2017). Comparación del consumo energético entre las tecnologías de aire acondicionado tipo mini-split y volumen de refrigerante variable en un edificio educativo. *Revista Espacios*, 38(43).
- Bartual Sanchez, J. (1994). Higiene Industrial. *Madrid, España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo*.
- Blasco, M. J. V., & González, M. M. (2014). *Confort psicológico y experiencia turística. Casos de estudio de espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana (España)*. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (65), 293-316.
- Brager, G., & Borgeson, S. (2010). Comfort standards and variation in exceedance for mixed-mode buildings.
- Bravo, M. F. G., & De la Torre, J. M. O. (2014). Confort Térmico en los Espacios Públicos Urbanos, Clima cálido y frío semi-seco. *HS*, 4(2), 52-63.
- Cabrera, R. S., & Poutou, E. L. C. (2006). Estrés térmico y su impacto en la efectividad y el confort de los trabajadores. Evaluación ambiental. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 7(1-2), 63-5.
- Campano, M. Á. (2015). Confort térmico y eficiencia energética en espacios con alta carga interna climatizados: Aplicación a espacios docentes no universitarios en Andalucía.

CAMPOS, A.L. (2017). *Confort térmico y eficiencia energética en un centro docente* (Doctoral dissertation).

Castilla, M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Pérez, M., Rodríguez, F., & Guzmán, J. L. (2010). Técnicas de control del confort en edificios. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(3), 5-24.

Chávez Del Valle, F. J. (2002). Zona variable de confort térmico. Universidad Politécnica de Catalunya.

Consejos para gastar menos dinero al utilizar el aire acondicionado. (2014). *ABC Economía*, pp-1.

Corgnati, S. P., Filippi, M., & Viazzi, S. (2007). Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. *Building and environment*, 42(2), 951-959.

Cruz, G., Manuel, E., & Bravo Morales, G. C. (2009). Sobre el confort térmico: temperaturas neutrales en el trópico húmedo. *Revista Palapa*, 4(1), 33-38.

Dacosta A. (2017). *Análisis de soluciones técnicas de mejora del confort térmico en lugares de trabajo del sector terciario para Barcelona y Bogotá mediante software BIM* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

De Abreu-Harbich, L. V., Labaki, L. C., & Matzarakis, A. (2015). Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. *Landscape and Urban Planning*, 138, 99-109.

Djamila, H., Chu, C. M., & Kumaresan, S. (2013). Field study of thermal comfort in residential buildings in the equatorial hot-humid climate of Malaysia. *Building and Environment*, 62, 133-142.

Durán, M. M. (2010). Bienestar psicológico: el estrés y la calidad de vida en el contexto laboral. *Revista nacional de administración*, 1(1), 71-84.

Evans, J. M., & Schiller, S. (2007). Procedimiento de auditorías y evaluación de servicio energético: desarrollo, aplicación y transferencia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11(2), 7-17.

Gaonkar, P., Bapat, J., & Das, D. (2018). Location-aware multi-objective optimization for energy cost management in semi-public buildings using thermal discomfort information. *Sustainable cities and society*, 40, 174-181.

García, F. F., & Martilli, A. (2012). El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. *Revista Índice* (50), 21-24.

García, J. J. A., Chávez, J. R. G., & Rubio, H. R. P. (2018). Determinación Experimental de las Condiciones de Confort Térmico en edificaciones.

García, R. P. (2015). Componente estadístico en la metodología para evaluar confort térmico y productividad para trabajadores de mipymes en tejidos para Bogotá, Colombia.

García, R. P., Ubaque, C. A. G., & Ubaque, J. C. G. (2016). Guía metodológica para determinar el efecto del disconfort térmico sobre operaciones industriales estandarizadas. *Tecnura*, 20, 122-131.

- Giraldo, W., & Herrera, C. A. (2017). Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 77-101.
- Godoy Muñoz, A. (2012). El Confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Gómez, C. G., Amador, A. G., & Sánchez, M. M. P. (2008). Habitabilidad y desempeño ambiental de la vivienda autoproducida en el clima cálido húmedo de Mérida, Yucatán.
- Gómez-Azpeitia, G., Morales, G. B., & Torres, R. P. R. (2013). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados/Thermal comfort: two confronted theoretical focuses. *Palapa*, 2(1), 45-57.
- Gravini, M., & Raquel, K. (2014). *Análisis del riesgo laboral por exposición al frío en cámaras frigoríficas de productos cárnicos en Barranquilla* (Doctoral dissertation, Universidad de la CUC).
- Guillén, V. (2014). Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador. In *Proceedings of the Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Madrid: CONAMA.
- Hatt, T., Saelzer, G., Hempel, R., & Gerber, A. (2012). Alto confort interior con mínimo consumo energético a partir de la implementación del estándar "Passivhaus" en Chile. *Revista de la Construcción*, 11(2), 123-134.
- Höppe, P. (2002) *Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort*. *Energy and buildings* 34, 661-665.
- Hwang, R. L., Lin, T. P., & Kuo, N. J. (2006). Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. *Energy and Buildings*, 38(1), 53-62.

Jara, P. (2015). Confort térmico, su importancia para el diseño arquitectónico y la calidad ambiental del espacio. *Revista A+ C*, 7(7).

Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Xu, Y., & Liu, J. (2018). A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. *Building and Environment*, 134,102-113.
Obtenido en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301082>.

Kuchen, E., Fisch, M. N., Gonzalo, G. E., & Nozica, G. N. (2009). Predicción del índice de disconformidad térmica en espacios de oficina considerando el diagnóstico de usuarios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 15-22.

Kuchen, E., Gonzalo, G. E., & Corallo, F. (2012). Evaluación empírica de rangos de aceptación térmica en espacios de trabajo en clima cálido seco.

Klute, G. K., Rowe, G. I., Mamishev, A. V., & Ledoux, W. R. (2007). The thermal conductivity of prosthetic sockets and liners. *Prosthetics and orthotics international*, 31(3), 292-299.

Kwok, A. G., & Chun, C. (2003). Thermal comfort in Japanese schools. *Solar Energy*, 74(3), 245-252.

Laborales, R. Plan Nacional de Formación en Prevención de Riesgos Laborales.

Lazo, F. J. (2010). Estimación del confort térmico en locales de la empresa gráfica ‘CIENFUEGOS’. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 11(3), 28-32. Obtenido en:
http://www.bvs.sld.cu/revistas/rst/vol11_3_10/rst04310.pdf

Leka, S. (2004). La organización del trabajo y el estrés: estrategias sistemáticas de solución de problemas para empleadores, personal directivo y representantes sindicales. In *Protección de la salud de los trabajadores* (Vol. 3). OMS.

- León, A., & Mijaíl, A. (2018). *Evaluación del confort térmico en las oficinas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).
- Madrigal Monzón, J. A., Sánchez Cifuentes, A., Espín Pérez, M. J., & Cabello Eras, J. J. (2016). Evaluación de la climatización en locales comerciales, integrando técnicas de termografía, simulación y modelado por elementos finitos. In *I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable (La Plata, 2016)*.
- Madugal, Jose; Cabello, Juan, J; Sagastume, Alexis; Balbis Milen. Evaluación de la climatización en locales comerciales, integrando técnicas de termografía, simulación y modelado por elementos finitos. *Inf. Technol.* 29 (4), 2018.
- Maestre, D. G. (2007). *Ergonomía y psicología*. FC Editorial.
- Martínez Molina, A., Tort Ausina, I., & Vivancos Bono, J. L. (2016). Analysis of the implementation of occupant thermal environment surveys in different buildings with different uses.
- Melendres Medina, E. M. (2017). Implementación de un traje termo regulable para control de Confort Térmico a fin de mejorar el rendimiento en el trabajo de la Tenencia Política de la parroquia San Juan periodo 2014-2015 (Master's thesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2017).
- Mendoza, P. L. (1997). Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales. *Nota Técnica de Prevención NTP*, 462.

- Mercado, M. V., Esteves, A., Filippín, C., & Navarro, L. (2008). Evaluación Térmico-energética y Cualitativa de Condiciones Ambientales de Una Vivienda Social de la Ciudad de Mendoza: condiciones reales de uso y estrategias de mejoramiento térmico-energético bioclimático. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12(05), 73-80.
- Mishra, A. K., Derks, M. T. H., Kooi, L., Loomans, M. G. L. C., & Kort, H. S. M. (2017). Analysing thermal comfort perception of students through the class hour, during heating season, in a university classroom. *Building and Environment*, 125, 464-474.
- Molina Cajas, J. E. (2016). *Análisis y medición del estrés térmico y la implementación de un protocolo de apoyo para el laboratorio de seguridad industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, LATACUNGA/UTC/2016).
- Molina Carvallo, C. D. P. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno= Thermal comfort assessment for 10 public buildings in Chile during the winter season.
- Molina, C., & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. *Revista de la Construcción*, 11(2), 27-38.
- Mondelo, P. R., Torada, E. G., Vilella, E. C., Úriz, S. C., & Lacambra, E. B. (2004). *Ergonomía 2: confort y estrés térmico* (Vol. 2). Universidad Politécnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
- Montesdeoca Calderín, M. (2016). Estrategias para el diseño bioclimático de edificios nZEB en climas desérticos cálidos aplicando el modelo de confort adaptativo: el caso particular de las costas de las Islas Canarias.

- Morales, G. C. B., & Cruz, E. M. G. (2003). Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas. *Ambiente construido*, 3(2), 47-55.
- Novais, J. W. Z., Joaquim, T. D. O., de Almeida, F. M., Zuffo, M., Nogueira, M. C. D. J. A., Leal, L. A. & Kunz, F. D. O. (2015). Thermal Confort of the laboratory in the Cuiaba University. *REVISTA ELETRONICA EM GESTAO EDUCACAO E TECNOLOGIA AMBIENTAL*, 19(3), 804-812.
- Olesen, B. W., & Brager, G. S. (2004). A better way to predict comfort: The new ASHRAE standard 55-2004.
- Parra, M. (2003). Conceptos básicos en salud laboral. Santiago de Chile: Oficina Internacional del Trabajo, OIT.
- Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2016-2021, Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética UPME.
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.
- Re, M. G., Lucas, I. B., & Filippín, C. (2016). Evaluación higrotérmica y energética de un edificio escolar perteneciente al programa nacional 700 escuelas, en el área Metropolitana de San Juan, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 40-51.
- Rodríguez Cisneros, Y. (2016). Evaluación de la ergonomía y el confort ambiental en la Biblioteca Agrícola Nacional.
- Ruiz, M. A., & Correa, E. N. (2009). Confort térmico en espacios abiertos. Comparación de modelos y su aplicabilidad en ciudades de zonas áridas. *Revista AVERMA. Avances en Energías Renovables y Medioambiente*. pp, 01-71.

Ruiz, M. A., Correa, E., & Cantón, M. A. CONTRASTACIÓN ENTRE LA EVALUACIÓN OBJETIVA Y SUBJETIVA DEL CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS URBANOS EN ZONAS ÁRIDAS. Primeros resultados.

Sánchez-Guevara Sánchez, C., Sánchez, D., & Rubio, C. (2016). El enfoque adaptativo del confort térmico en Sevilla= The adaptive approach to thermal comfort in Seville. *Anales de edificación*, 2(1), 62-70.

Sibaja, R. C. (2002). *Salud y seguridad en el trabajo*. Euned.

Sierra Zeas, J. P. (2017). *Medición y evaluación del confort lumínico, térmico y sonoro al que está expuesto el personal administrativo de la Constructora China Gezhouba Group Company* (Master's thesis).

Silva, H., & Calado, E. (2011). Investigación sobre el confort térmico en taquillas, en aparcamientos de superficie, en Lisboa. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 57(225), 272-293.

Social, C. (2010). Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. (2004). *Política Pública Nacional de Discapacidad*.

Solís Villafaña, L. A. (2017). Evaluación del confort térmico de la vivienda rural sustentable en la Carbonera, Querétaro.

Soto Guerrero, L. V. (2016). *Evaluación del confort térmico y lumínico en las oficinas del Gobierno Provincial de Tungurahua* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).

Valderrama, C., Cohen, A., Lagiere, P., & Puiggali, J. R. (2011). Análisis del comportamiento energético en un conjunto de edificios multifuncionales: Caso de estudio Campus Universitario. *Revista de la Construcción*, 10(2), 26-39.

Vera, S. (2002). *Evaluación del desempeño energo-térmico de una vivienda social en Chile, utilizando un programa de simulación energética de edificios= Evaluation of thermal and energy performance in social housing in Chile, using energy simulation software for buildings.*

Vilella, E. C., du Génie Chimique, I., & en Farmacia, L. (1983). NTP 74: Confort térmico-Método de Fanger para su evaluación.


Yilmaz, S., Toy, S., & Yilmaz, H. (2007). Human thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Atmósfera*, 20(3), 289-297.

Yungan, T., & Bolívar, F. (2017). *Tesis previa a la obtención del grado de magister en seguridad industrial mención prevención de Riesgos y Salud Ocupacional* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo, 2017).

Zambrana, M. Á. A. (2014). *Mantenimiento de sistemas de climatización. TMVG0209*. IC Editorial.

Zumbana, J., & Oswaldo, L. (2017). *Estudio de las condicionantes de confort y su aplicación en el rediseño de los espacios interiores del antiguo edificio municipal del cantón Mocha* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Diseño de Espacios Arquitectónicos).

Anexos

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO Y TESIS A LA BIBLIOTECA
---	--

ANEXO 1

CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TRABAJOS DE GRADO O TESIS

Barranquilla, Fecha 26-04-2019 Marque con una X
 Trabajo de Grado ☒ Tesis ☐

Yo Angela Esther Noya Zambrano, identificado con C.C. No. 1143147666, actuando en nombre propio y como autor del trabajo de grado y/o tesis titulado Evaluación de la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Biblioteca, para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Corporación Universidad de la Costa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en el catálogo Bibliográfico de la Biblioteca, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL ESTUDIANTE - AUTOR, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento, en Barranquilla D.E.I.P., a los 26 días del mes de Abril de Dos Mil 2019 20.

EL AUTOR - ESTUDIANTE. Angela Noya Z.
 FIRMA



NORMAS PARA LA ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO Y TESIS A LA BIBLIOTECA

ANEXO 2

FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO O TESIS

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO O TESIS:

Evaluación de la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

SUBTÍTULO, SI LO TIENE:

AUTOR (ES) Trabajo de grado o tesis

Apellidos Completos	Nombres Completos
Noya Zambrano	Angela Esther

DIRECTOR (ES) del Trabajo de grado o tesis

Apellidos Completos	Nombres Completos
Balbis Morejón	Milen

JURADO (S) del Trabajo de grado o tesis

Apellidos Completos	Nombres Completos
Piñeres Castillo Varela Izquierdo	Aurora Noel

ASESOR (ES) del Trabajo de grado o tesis


Apellidos Completos	Nombres Completos
Borrero López	Juz Adriana

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Industrial

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA: Pregrado ☒ Maestría ☐ Doctorado ☐

NOMBRE DEL PROGRAMA Ingeniería Industrial

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1978 FACULTAD DE INGENIERÍA	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO Y TESIS A LA BIBLIOTECA
---	--

CIUDAD: Barranquilla AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: _____NÚMERO DE PÁGINAS 137

TIPO DE ILUSTRACIONES:

☒ Tablas☒ Figuras☒ Planos

MATERIAL ANEXO (Vídeo, audio, multimedia o producción electrónica): Duración del audiovisual: _____ minutos.


Número de archivos material audiovisual: _____ Tipo de formato: _____

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial): _____

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Biblioteca en el correo biblioteca@cuc.edu.co, donde se les orientará).

ESPAÑOL	INGLÉS
<u>Confort térmico, ASHRAE 55,</u>	<u>thermal comfort, ASHRAE 55,</u>
<u>Sensación térmica, fanger</u>	<u>thermal sensation, fanger</u>
<u>Percepción térmica</u>	<u>thermal perception</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO Y TESIS A LA BIBLIOTECA
---	--

ANEXO 3

LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y PERMITIR CONSULTA Y USO

 Barranquilla, Fecha: 26 de Abril del 2019
Parte 1. Términos de la Licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

- i. La vigencia es a partir de la fecha en que se incluye en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad con una antelación de dos meses antes de la correspondiente prórroga.
- ii. El Autor / Los autores:
 - Autorizan a la Corporación Universidad de la Costa - CUC para publicar la obra en el formato que el repositorio lo requiera (digital, electrónico o cualquier otro conocido o por conocer) y conocen que dado que se publica en Internet por este hecho circula con un alcance mundial.
 - Aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto renuncian a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente Licencia y de la Licencia Creative Commons con que se publica.
 - Manifiestan que se trata de una obra original y la realizó o realizaron sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, obra sobre la que tiene (n) los derechos que autoriza (n) y que es él o ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante la CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA y ante terceros. En todo caso la CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del AUTOR o AUTORES y la fecha de publicación. Para todos los efectos la CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA, actúa como un tercero de buena fe.
 - Autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
 - Aceptan que la Corporación Universidad de la Costa pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.


SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DE LA CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA, LOS AUTORES GARANTIZAN QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

Parte 2. Autorización para publicar y permitir la consulta y uso de obras en el Repositorio Institucional de la Corporación Universidad de la Costa

Con base en este documento, Usted autoriza la publicación electrónica, consulta y uso de su obra por la Corporación Universidad de la Costa y sus usuarios de la siguiente manera, Usted:

- Otorga una (1) licencia especial para publicación de obras en el repositorio institucional de la CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA (Parte 1) que forma parte integral del presente documento y de la que ha recibido una (1) copia. **Si autorizo No autorizo .**

Si autorizo

 UNIVERSIDAD DE LA COSTA	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO Y TESIS A LA BIBLIOTECA
---	--

- Autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados por Usted, con la Licencia Creative Commons Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 2.5 Colombia cuyo texto completo se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/> y que admite conocer.
Si autorizo ☒ No autorizo ☐. Si Usted no autoriza para que la obra sea licenciada en los términos expuestos y opta por una opción legal diferente descríbala:

EN CONSTANCIA DE LO ANTERIOR:
Tipo de documento:

Artículo _____ Libro ☒ Capítulo de Libro _____ Informe / avance de Investigación _____ Tesis _____
 Ponencia / Conferencia _____ Video _____ Objeto de Aprendizaje _____ Otro _____

Título de la obra(s):

Evaluación de la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la Universidad de la Costa.

Autor (es):

Angela Esther Noya Zambrano Angela Noya Z. 1143147666
 Nombre Firma C.C.

Nombre Firma C.C.

Nombre Firma C.C.

Nombre Firma C.C.

Datos contacto: (teléfono, correo Dirección)

3017016743 angelanoya94@gmail.com Cra. 1 Sur. No. 41 C-16

Fecha entrega (D/M/A): 26/04/2019

Material acompañante del trabajo

I. Encuesta de aplicación en la evaluación del confort

Fecha: _____ Hora: _____
Salón: _____ Sexo: M__ F__

1. Escriba aproximadamente la temperatura ambiente exterior _____ y las condiciones ambientales

☐ Verano
☐ Invierno

2. ¿Cuál es su sensación térmica? (escoja la más apropiada)

☐ Muy caluroso
☐ Caluroso
☐ Ligeramente caluroso
☐ Neutral
☐ Ligeramente fresco
☐ Fresco
☐ Frío

3. Marque con una X el lugar donde pasa la mayor parte del tiempo

☐

O marque con una X en la casilla que mejor describa el área del edificio donde está ubicado

☐ Norte
☐ Este
☐ Sur
☐ Oeste
☐ Centro
☐ No se

4. En que piso del edificio se encuentra ubicado _____


5. ¿Está cerca de una pared exterior (1.5 m)?

☐ Si
☐ No

6. ¿Está cerca de una ventana (1.5 m)?

☐ Si
☐ No

7. Describa su aceptabilidad térmica

 Muy aceptable
3
2
1
0
-1
-2
-3
Muy inaceptable

8. Usando la lista dada, seleccione cada una de las prendas de vestir que tiene puestas en este momento (seleccione todas las que apliquen)

<input type="checkbox"/> Camisa manga corta	<input type="checkbox"/> Pantalón corto
<input type="checkbox"/> Camisa manga larga	<input type="checkbox"/> Pantalón deportivo
<input type="checkbox"/> Camisilla	<input type="checkbox"/> Pantalón
<input type="checkbox"/> Camiseta sin mangas	<input type="checkbox"/> Jean
<input type="checkbox"/> Suéter	<input type="checkbox"/> Interiores
<input type="checkbox"/> Chaqueta	<input type="checkbox"/> Licras
<input type="checkbox"/> Sudadera	<input type="checkbox"/> Medias
<input type="checkbox"/> Vestido	<input type="checkbox"/> Botas
<input type="checkbox"/> Falda hasta la rodilla	<input type="checkbox"/> Zapatos
<input type="checkbox"/> Falda hasta el tobillo	<input type="checkbox"/> Sandalias
<input type="checkbox"/> Overoles de manga larga	
<input type="checkbox"/> Overol	
<input type="checkbox"/> Otro _____	

9. ¿Cuál es su nivel de actividad en este momento? (seleccione el más apropiado)

☐ Reclinado
☐ Sentado
☐ De pie
☐ De pie con ligera actividad
☐ De pie con mediana actividad
☐ Alta actividad

II. Formato de tabulación de las encuestas

f	verano	ligeramente fresco	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 si	si	claramente aceptable	sentado
f	verano	ligeramente fresco	1 si	si	aceptable	sentado
m	verano	neutral	1 si	si	claramente aceptable	sentado
m	verano	fresco	1 si	si	aceptable	sentado
m	verano	caluroso	1 si	si	no del todo aceptable	sentado
m	verano	neutral	1 si	si	no del todo aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 si	no	claramente aceptable	sentado
f	verano	ligeramente fresco	1 no	si	claramente aceptable	sentado
f	verano	neutral	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	caluroso	1 si	si	claramente aceptable	sentado
f	verano	ligeramente caluroso	1 si	si	no del todo inaceptable	sentado
f	verano	neutral	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	caluroso	1 no	no	no del todo aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 no	no	claramente aceptable	sentado
f	verano	neutral	1 si	si	aceptable	sentado
m	verano	fresco	1 no	no	claramente aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 si	si	claramente aceptable	sentado
f	verano	muy caluroso	1 si	si	no del todo aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 no	no	claramente aceptable	sentado
f	verano	caluroso	1 no	si	no del todo aceptable	sentado
f	verano	ligeramente caluroso	1 no	si	no del todo aceptable	sentado
f	verano	muy caluroso	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	ligeramente fresco	1 si	si	no del todo aceptable	sentado
f	verano	caluroso	1 no	no	muy aceptable	sentado
f	verano	ligeramente caluroso	1 si	no	claramente inaceptable	sentado
f	verano	caluroso	1 no	no	claramente aceptable	sentado
f	verano	muy caluroso	1 si	si	muy aceptable	sentado
f	verano	muy caluroso	1 si	si	muy aceptable	sentado
f	verano	ligeramente caluroso	1 si	si	aceptable	sentado
f	verano	fresco	1 si	si	aceptable	sentado

Anexo III. Equipo de medición de temperatura y humedad

Termo-higrómetro



